МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«Пензенский государственный технологический университет»

ISSN 2221-951X

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего *плюс*

Периодическое научное издание

Серия: Экология

09(13)/2013
Том 2

Пенза
ПензГТУ
2013

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс : Периодическое научное издание. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2013. – № 09(13). – Т. 2. – 260 с.

Решением Президиума ВАК при Минобрнауки России № 8 /13 от 2 марта 2012 г. журнал включен в Перечень рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

ISSN 2221-951X

ISSN 2221-951X © Пензенский государственный технологический университет, 2013

Ministry of Education and Science of the Russian Federation
Penza State Technological University

ISSN 2221-951X

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL JOURNAL

XXI century: Resumes of the Past and Challenges of the Present plus

Scientific Periodical

Series: Ecology

09(13)/2013
Volume 2

Penza
PenzSTU
2013

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL JOURNAL

Series: Ecology

XXI century: resumes of the past and challenges of the present $_{plus}$: Scientific periodical. – Penza : PenzSTU Publishing House, 2013. – № 09(13). – V. 2. – 260 c.

The journal is included in the List of reviewed scientific journals and editions for publishing principal scientific theses results approved by the Resolution of the Presidium of the Supreme Certification Commission of the Ministry of Education and Science of Russia (№ 8/13, March 2nd, 2012).

ISSN 2221-951X

9 772221 951003

ISSN 2221-951X

© Penza State Technological University, 2013

2013 – ГОД ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Быстрый прогресс науки и техники, с одной стороны, позволил удовлетворить потребности человеческого общества, но с другой – ухудшил условия его существования.

До недавнего времени экологическая политика делала акцент на проблеме загрязнений внешней среды, возникающих в процессе промышленного производства, сейчас остро стоит проблема увеличения отходов. На фоне последних как-то забылись другие не менее актуальные экологические проблемы: истощение озонового слоя Земли, массовая вырубка лесов, загрязнение Мирового океана, снижение разнообразия животного и растительного мира. Очень больной вопрос – обеднение почв, которые характеризуются низким плодородием. Человечество слишком эксплуатирует остающиеся в резерве земли. Наблюдается радикальное изменение природной среды и климата. Участились наводнения, землетрясения, цунами, ураганы, торнадо.

Решать данные экологические проблемы необходимо в кратчайшие сроки, поскольку все научные задачи охраны окружающей среды и природопользования не могут быть разрешены отдельно взятым государством. Одним из этапов их решения является формирование экологического мышления, просвещения и образования. Каждый год в образовательной среде, как правило, посвящается определённой теме, вот и для 2013 года была определена своя направленность. В рамках плана, утвержденного Правительством Российской Федерации (распоряжение Правительства РФ от 26.11.2012 № 2189-р), он официально объявлен "Годом охраны окружающей среды" (Указ Президента РФ от 10.08.2012 № 1157), который проводится "в целях обеспечения права каждого человека на благоприятную окружающую среду".

Одним из образовательных мероприятий, посвященных году охраны окружающей среды, была ежегодная международная летняя экологическая школа "Агроэкологический менеджмент и инжиниринг: анализ проблемных экологических ситуаций, моделирование и прогнозирование по результатам мониторинга", на базе кафедры экологии и лаборатории агроэкологического мониторинга, моделирования и прогнозирования экосистем (РГАУ-МСХА им.

.
К.А. Тимирязева). С приветственным словом к участникам обратились ведущий ученый проекта Правительства РФ № 11G34.31.0079, сенатор провинции Лацио (Италия) профессор Риккардо Валентини, президент Докучаевского общества почвоведов, член-корреспондент РАСХН С.А. Шоба, заведующий кафедрой экологии и ЛАМП профессор И.И. Васенёв, профессоры Университета Нови Сад (Сербия) Й. Береньи и Д. Латкович, партнеры и спонсоры – известные компании "БайерКропСайенс", ЗАО "Синтол", "Пионер", "Селикон". В работе школы приняли участие магистранты и молодые ученые из классических и аграрных вузов Европы, Азии, Африки и СНГ – России, Украины, Белоруссии, Казахстана, Молдавии, Азербайджана, Армении. Акцент был сделан на научной части – освоение современных методик анализа и приборов. Мастер-классы проводились на базе Лаборатории агроэкологического мониторинга, моделирования и прогнозирования экосистем. Проект по проведению международных летних школ является важным элементом поддержки развития высшего естественно-научного образования на постсоветском пространстве.

Молодежь – это будущее нашей планеты. Она должна научиться поддерживать зыбкий баланс природных сил на Земле. Но прежде необходимо задуматься, что мы оставим следующим поколениям. Провозглашение 2013 года в нашей стране Годом охраны окружающей среды и является призывом к такому раздумью.

Редакция журнала "XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс" желает всем экологам – ученым и практикам, провести не только 2013, но и все последующие годы интересно и плодотворно!

Д.б.н. С.Ю. Ефремова

Содержание

СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОЙ МИКРОБНОЙ КОМПОНЕНТЫ НА ХИМИЧЕСКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ 14

© Л.В. Мосина, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)
© С.Ю. Ефремова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© Е.А. Алпатова, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ РАКОВИННЫХ АМЕБ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ “ЛЕС – СФАГНОВОЕ БОЛОТО” (ОЗЕРО СВЕТЛОЕ, СРЕДНЕЕ ПОВОЛЖЬЕ) 20

© Е.А. Малышева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© Ю.А. Мазей, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

РАЗДЕЛЕНИЕ ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ В АССОЦИАЦИЯХ ИНФУЗОРИЙ СЕМЕЙСТВА TRACHELOCERCIDAE БЕЛОГО МОРЯ 27

© А.С. Есаулов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© И.В. Есаулова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

МОДИФИКАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ 31

© С.В. Зиновьев, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© А.А. Блинохватов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ “ЛЕС – СФАГНОВОЕ БОЛОТО” НА СЕВЕРЕ КАРЕЛИИ 35

© Е.А. Малышева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© Ю.А. Мазей, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

КРАПЧАТЫЙ СУСЛИК (SPERMOPHILUS SUSLICUS GÜLD.) В ПОВОЛЖЬЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ, ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ И ВТОРИЧНАЯ КОЛОНИЗАЦИЯ 42

© *С.С. Бакаева, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*
© *С.В. Титов, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

ОЦЕНКА РОСТА И ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ АХУНСКОГО ДЕНДРОПАРКА 48

© *Н.И. Остробородова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)*
© *О.И. Уланова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)*

СРАВНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ У ВАРАКУШКИ LUSCINIA SVECICA И КАМЫШОВОЙ ОВСЯНКИ EMBERIZA SCHOENICLUS НА ОСЕННИХ МИГРАЦИОННЫХ ОСТАНОВКАХ В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ 56

© *И.Н. Панов, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (г. Москва, Россия)*
© *С.Е. Пономарёв, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

ОБРАЗОВАНИЕ БИОПЛЕНОК LISTERIA MONOCYTOGENES ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КЛЕТКАМИ 62

© *Г.В. Годова, РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)*
© *А.А. Овод, РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)*
© *Е.А. Калашникова, РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)*
© *А.Н. Князев, РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)*
© *В.И. Пушкарёва, ФГБУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (г. Москва, Россия)*
© *Л.В. Диденко, ФГБУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (г. Москва, Россия)*
© *С.А. Ермолаева, ФГБУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (г. Москва, Россия)*

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И РАСТЕНИЙ ПРИДОРОЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА 70

© *Д.Г. Иванов, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва, Россия)*
© *А.В. Сердюкова, Московский государственный областной университет (г. Москва, Россия)*
© *В.И. Савич, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва, Россия)*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И МОДЕЛИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, ЭКОЛОГИИ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И МЕДИЦИНЕ

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКИХ ОСНОВ ВЫБОРОЧНОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОСФЕРЫ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЦЕПЕЙ МАРКОВА 78

© В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© М.В. Рыжаков, Московский физико-технический институт (государственный университет) (г. Долгопрудный Московской области, Россия)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ 84

© А.Ф. Зубков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© О.А. Логвина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО СПЛАВА ЦИНК-КОБАЛЬТ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РЕЖИМЕ 87

© О.С. Виноградов, Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) ФГБОУ ВПО "Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства" (г. Пенза, Россия)

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СМЕСИТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК 93

© К.В. Таранцев, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)
© Д.Д. Токарев, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ НАНЕСЕНИЕ ЦИНКСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ 99

© В.А. Казаков, Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства (г. Пенза, Россия)
© О.С. Виноградов, Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства (г. Пенза, Россия)
© Н.А. Виноградова, Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства (г. Пенза, Россия)
© М.В. Глебов, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)
© С.В. Кабанов, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

О СОВОКУПНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЁМОВ 104

© О.А Логвина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© А.Ф. Зубков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© Т.А. Шарков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКОВ В СМЕСИТЕЛЯХ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК 108

© К.В. Таранцев, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)
© Д.Д. Токарев, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ 113

© В.В. Коновалов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕАНИМАЦИОННОГО БОЛЬНОГО В ПРОЦЕССЕ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ 122

© А.И. Сафронов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© Т.В. Истомина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© А.А. Минкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© Э.Д. Якупова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ЕСТЕСТВЕННЫЕ АНТИТЕЛА: НОРМА И ПАТОЛОГИЯ 128

© Н.Ю. Келина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© М.А. Мягкова, ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)
© С.Н. Петроченко, ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА ПЛАТНЫХ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ г. ПЕНЗЫ 133

© Т.Н. Позднякова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ УЩЕРБА ОТ АВАРИЙ, ПЕРЕДАВАЕМОГО НА ПЕРЕСТРАХОВАНИЕ 138

© *В.Ф. Шишов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

ОЧИСТКА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БАЛЛОНОВ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ПОТОКОМ ДРОБИ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ 146

© *К.Р. Таранцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *А.В. Тразанов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ МНОГОПОЛЮСНИКИ В ЗАДАЧАХ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ 153

© *А.В. Киреев, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ: НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФЕНОЛОВ 164

© *А.В. Коростелёва, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *С.В. Тюрденева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАСШТАБОВ АВАРИЙ С ОБЪЕМНЫМИ ВЗРЫВАМИ 170

© *А.В. Клюжин, Саратовский СГТУ им. Ю. Гагарина (г. Саратов, Россия)*
© *Ю.А. Егорова, филиал ФБУ "ФУ БХУХО" (войсковая часть 21222) (г. Пенза, Росиия)*
© *А.Г. Горохова, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ 177

© *А.А. Горячева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *Р.А. Дярькин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОДНОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ 181

© *Н.И. Слугинова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *С.Ю. Ефремова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОСФОГИПСА НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ 187

© М.Ю. Локтионов, ОАО "Минерально-химическая компания "ЕвроХим" (г. Краснодар, Россия)
© Е.П. Добрыднев, "ЕвроХим – Белореченские удобрения" (г. Краснодар, Россия)
© А.Х. Шеуджен, ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт риса (г. Краснодар, Россия)
© А.Н. Лиманский, ООО "Агроцентр Еврохим – Краснодар" (г. Краснодар, Россия)
© Л.М. Онищенко, Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар, Россия)

ПОДБОР МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ОТХОДОВ 194

© М.И. Яхкинд, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© К.Р. Таранцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ФОНЕ СИДЕРАТОВ В УСЛОВИЯХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ЦЧО РОССИИ 201

© Л.С. Федотова, Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (Московская обл., Люберецкий район, п. Красково, Россия)
© А.В. Кравченко, Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (Московская обл., Люберецкий район, п. Красково, Россия)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ 206

© С.В. Кизинек, ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)
© А.Х. Шеуджен, ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)
© Н.И. Аканова, ГНУ ВНИИ Агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
© М.Ю. Локтионов, ОАО Минерально-Химическая Компания "ЕвроХим" (г. Москва, Россия)
© А.Н. Лиманский, ОАО Минерально-Химическая Компания "ЕвроХим" (г. Москва, Россия)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НИТРОАММОФОСКИ 16:16:16 В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ РИСА НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ 217

© *С.В. Кизинек, ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)*
© *М.В. Таук, ОАО "Акрон" (г. Великий Новгород, Россия)*
© *А.Х. Шеуджен, ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)*
© *Н.И. Аканова, ГНУ ВНИИ Агрохимии им. Д.Н. Прянишникова Россельхозакадемии (г. Москва, Россия)*
© *И.И. Николаева, ОАО "Акрон" (г. Великий Новгород, Россия)*

АЗОТФИКСИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ СИМБИОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН СОИ РИЗОТОРФИНОМ СОВМЕСТНО С СЕЛЕНАТОМ НАТРИЯ 226

© *А.А. Блинохватов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *С.В. Зиновьев, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

СРЕДСТВА ХИМИЗАЦИИ, РЕГУЛЯТОР РОСТА И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КУКУРУЗЫ 229

© *С.А. Семина, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)*
© *А.Г. Иняхин, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)*

БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ И ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКОГО ИНДЕКСА 234

© *Н.А. Комарова, ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)*
© *В.И. Комаров, ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)*
© *А.В. Гришина, ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)*
© *Т.А. Беликова, ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)*

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ СТОЛОВОЙ МОРКОВИ 241

© *Д.Н. Стихарева, ФГБУ ВПО "Пензенская ГСХА" (г. Пенза, Россия)*
© *Ю.В. Корягин, ФГБУ ВПО "Пензенская ГСХА" (г. Пенза, Россия)*
© *В.А. Иванова, ФГБУ ВПО "Пензенская ГСХА" (г. Пенза, Россия)*

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ЛАБОРАТОРИИ РЕНТГЕНО–, ГАММАГРАФИРОВАНИЯ.....249

© *А.Л. Птицин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *К.Р. Таранцева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

УДК 631.461:504.61:621.039.7(470.40)

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОЙ МИКРОБНОЙ КОМПОНЕНТЫ НА ХИМИЧЕСКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

© ***Л.В. Мосина***, *Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)*

© ***С.Ю. Ефремова***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***Е.А. Алпатова***, *Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)*

CHARACTERISTICS OF SOIL MICROBIAL COMPONENTS OF CHEMICALLY CONTAMINATED AREAS

© ***L.V. Mosina***, *K.A.Timiryazeva Russian State of Agrarian University – Moscow agricultural of Academy, Ministry of Agriculture of the Russian Federation (Moscow, Russia)*

© ***S.U. Efremova***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***E.A. Alpatova***, *K.A.Timiryazeva Russian State of Agrarian University – Moscow agricultural of Academy, Ministry of Agriculture of the Russian Federation (Moscow, Russia)*

Статья посвящена изучению вопроса влияния на микрофлору почвы химического загрязнения. Полученные результаты характеризуют различную микробиологическую активность, связанную с источником загрязнения.

Ключевые слова: окружающая среда (ОС), химическое загрязнение, микробиота.

The article is devoted to the study of the impact on soil microflora of chemical pollution. The results characterize different microbiological activity associated with the source of the pollution.

Key words: environment, chemical pollution, the microbiota.

Загрязнение окружающей природной среды является глобальной экологической проблемой, что ставит под угрозу существование жизни на Земле. При этом особую нагрузку несет почва, превращаясь в “депо” токсикантов. Поэтому почва является индикатором природных процессов, и ее состояние – результат длительного воздействия разнообразных источников загрязнения. Среди множества загрязняющих веществ особую опасность представляют места захоронения и утилизации химического оружия (ХО), созданные после

Второй мировой войны и хранящиеся на складах в России более 50 лет. На сегодняшний день все они подлежат уничтожению. Одним из наиболее опасных факторов воздействия на биосферу и особенно почву являются боевые отравляющие вещества (БОВ) (зарин, зоман, иприт, люизит), выделившиеся при уничтожении химического оружия. Опасность данного процесса предопределяется высокой токсичностью боеприпасов, так как современные отравляющие вещества (зарин, зоман, V-x-газы) представляют собой малолетучие высококипящие жидкости, которые при переходе в состояние пара или аэрозоля (в боевое состояние) становятся высоко опасными. На территории России имеется несколько мест, где проводились захоронения БОВ (табл. 1). На территории Пензенской области захоронения ХО составляли 17,2 % от всех запасов России [2, 3]. В нескольких километрах от самой Пензы в 1937 г. был сформирован склад. После войны сюда стали свозить химические авиационные боеприпасы. По официальным данным, здесь хранится 6885 тонн отравляющих веществ нервнопаралитического действия. Это 267 тонн зарина, 1494 тонны зомана и 5124 тонны VX [1]. В 1987 году, после отказа от химического оружия, поставки прекратили. Факты захоронений в болотах на полигоне “Подрывной” военной базы под Леонидовкой обнаружились лишь в 1996 году после публикации в пензенском издании “Мир людей”.

В сентябре 2008 года в Пензенской области введен в эксплуатацию завод по уничтожению химического оружия, на постройку которого выделялось 12 млрд. рублей. Заострение вопроса о безопасном уничтожении химического оружия (УХО) связано с тем, что многие годы ХО уничтожалось примитивными и опасными методами [5].

В настоящее время в России проводятся работы по дезактивации загрязненных почв с целью возврата земель в сельскохозяйственное производство. Для оценки пригодности данных почв необходимо провести исследования по установлению их безопасности. В этой связи требуется выявить наиболее индикаторные показатели, которые наиболее адекватно отражали бы состояние почвы. Такими показателями являются микробиологические, что определяется их исключительной высокой чувствительностью к малейшим изменениям в окружающей среде (ОС) [7–9].

Однако изученность данного вопроса крайне слабая, поэтому целью нашей работы являлось изучение функционирования почвенной микробной компоненты на территории уничтожения ХО.

Типичными почвами зоны исследования являются серые лесные. Так, содержание гумуса в почве варьирует от 2,1 до 2,7 (%), pH_{KCl} – от 4,2 до 5,6, pH_{H2O} – от 5,2 до 5,8, в зависимости от расстояния до источника загрязнения.

Микробиологические исследования проводили для верхнего 10 см слоя почвы, в котором определяли микробиологическую активность по следующим показателям: численность аммонифицирующих микроорганизмов (на МПА), численность микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (на КАА), в том числе актиномицеты, качественный состав актиномицетов, видовой состав спорообразующих бактерий (на МПА+СА), общая численность грибов (на СА).

Таблица 1 – Места хранения химического оружия (по состоянию на 01.01.2005 г.)

Место хранения	Объем запасов/ %	Отравляющие вещества				
		VX газ	зарин	зоман	люизит	ипритно-люизитные смеси
пос. Горный (Саратовская область)	1142/ 1,3	-	-	-	+	+
г. Камбарка (Удмуртская Республика)	6360/15,9	-	-	-	+	-
г. Кизнер (Удмуртская Республика)	5680/14,2	+	+	+	+	-
г. Щучье (Курганская область)	5440/13,6	+	+	+	-	-
пос. Марадыковский (Кировская область)	6960/17,4	+	+	+	-	+
пос. Леонидовка (Пензенская область)	6880/17,2	+	+	+	-	-
г. Почеп (Брянская область)	7520/18,8	+	+	+	-	-

Микробиологические исследования проводили по общепринятой методике (Методы почвенной микробиологии…1991 г.) путем глубинного способа посева.

Численность аммонифицирующих микроорганизмов (табл. 2) колеблется в очень широких пределах – от 7 до 47 млн. КОЕ на 1 г почвы, достигая максимального значения на удалении от территории утилизации на расстояние около 1000 м. Наименьшая численность микробиоты наблюдается на минимальном удалении – около 50 м от источника загрязнения, что свидетельствует о значительном снижении биологической активности почвы по мере приближения к территории, на которой проводится деградация загрязнения.

Таблица 2 – Численность и качественный состав аммонифицирующих микроорганизмов на разном удалении от источника загрязнения (млн. КОЕ/г почвы).

Расстояние, м	Всего	Споровые	%	Неспоровые		
				Ps. fluorescens	%	Прочие
50	7	4	57	1-	14-	2
200	37	25	67,5	9	24,3	3
1000	47	21	44,6	19	40,4	7
НСР	3,8	2,2				

Качественный состав аммонификаторов-деструкторов также показал существенные различия на разном удалении от места утилизации, причем эти различия в наибольшей степени выражены среди неспороносных микроорганизмов – *Pseudomonas fluorescens.* По мере удаления от источника загрязнения доля участия данной группы организмов в разложении органического вещества возрастает пропорционально с 14 % на минимальном (50 м) удалении до 40,4 % на расстоянии около 1000 м. Поведение же вегетативных клеток спорообразующих бактерий – микроорганизмов с более мощным ферментативным аппаратом – носит другой характер. Их относительное содержание по мере удаления наоборот снижается, и хотя не столь значительно (с 57 до 44,6 %) по сравнению с неспороносными микроорганизмами, тем не менее это снижение статистически достоверно (НСР 2,2). То есть по мере удаления от источника загрязнения происходит смена микрофлоры с разным биохимическим потенциалом. На минимальном удале-

нии доминантом выступают микроорганизмы с более мощным ферментативным аппаратом, что может свидетельствовать о наличии в составе органических веществ на данной территории труднодоступных соединений или веществ, депрессирующих развитие микроорганизмов с менее выраженной ферментативной активностью.

Численность микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (на КАА), в основном повторяет динамику численности аммонификаторов (табл. 3). С удалением от источника загрязнения их численность также достоверно снижается, однако различия не столь существенны, как при анализе численности аммонификаторов со 106 млн. КОЕ на максимальном удалении до 89 млн. на расстоянии 50 м. В составе микроорганизмов данной группы численность актиномицетов колеблется от 12 млн. до 32 млн. КОЕ, увеличиваясь по мере удаления от источника загрязнения с 13,5 до 30,2 % .

Таблица 3 – Численность микроорганизмов на КАА (млн. КОЕ /1 г почвы)

Удаленность, м	Всего	В том числе актиномицеты	%
50	89	12	13,5
200	96	24	22,9
1000	106	32	30,2
НСР	4	3,5	

Качественный состав актиномицетов представлен белыми (*Albus*), желтыми (*Flavus*) и розовыми (*Fradia*) группами (рис. 1).

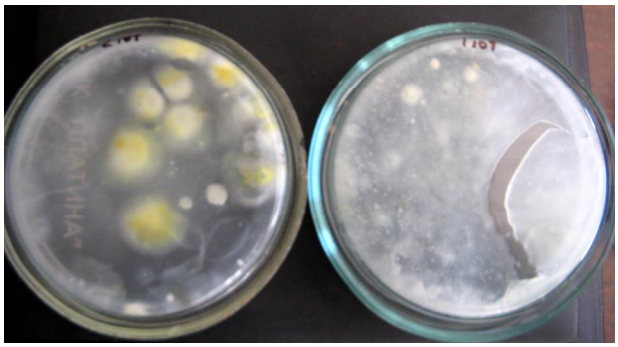


Рисунок 1 – Численность актиномицетов на КАА

На минимальном расстоянии состав актиномицетов довольно бедный, здесь доминируют представители белых групп (*Albus*) лучистых грибков. С удалением от источника загрязнения групповой состав несколько увеличивается за счет появления желтых (*Flavus*) и розовых (*Fradia*) групп актиномицетов, что может свидетельствовать о более благоприятном экологическом состоянии территории, удаленной на значительное расстояние от источника утилизации.

Численность микроскопических грибов колеблется от 8 до 34 тысяч клеток в 1 г почвы (табл. 4).

Таблица 4 – Численность микроскопических грибов (тыс. КОЕ/1 г почвы)

Удаленность, м	Всего
50	34
200	16
1000	8

Причем их распространение носит обратный характер в отношении удаленности от источника загрязнения. Если общее микробное население (аммонификаторы, микроорганизмы, использующие минеральные формы азота) снижают свою численность по мере приближения к источнику загрязнения, то численность микологического населения, наоборот, увеличивается (примерно, в 4 раза) на участках минимального удаления от источника загрязнения (с 8 тысяч КОЕ до 34 тыс. КОЕ в 1 г почвы). Этот факт подтверждает особенное свойство микроскопических грибов менять характер метаболических процессов в условиях загрязнения ОС [8], в результате которых могут образовываться токсичные вещества – микотоксины, что представляет серьезную экологическую опасность для окружающей природной среды.

Изменения в функционировании почвенной микробиоты подтверждаются и интенсивностью минерализационных процессов, показателем которых является видовой состав спорообразующих бактерий [7, 8].

Видовой состав спорообразующих бактерий представлен в основном видами, характерными для почв изучаемой зоны. Среди них доминантами выступают *Bac.mesentericus*, *Bac.subtilis*, *Bac.idosus*, *Bac.virqulus.* Отмечая в целом видовой состав бацилл в изучаемых серых лесных почвах, следует отметить некоторые различия в качественном составе данной группы организмов в зависимости от удаленности от источника загрязнения [7, 9]. На минимальном расстоянии видовой состав их более бедный по сравнению с максимальной удаленностью и представлен в основном видами *Bac. Cereus* (28 %), *Bac. virgulus* (45 %), *Bac. agglomeratus* (27 %). На удаленных участках установлен более богатый видовой состав спорообразующих бактерий, в составе которых появляются виды, участвующие на более поздних этапах деструкции органического вещества. Это *Bac. mesentericus* – *Bac. subtilis* (3 %), *Bac. idosus* (18 %), *Bac. megaterium* (2,5 %), *Bac. mycoides* (5–7 %) наряду с отмеченными выше видами. Такая дифференциация бацилл может быть объяснена с точки зрения деления данной группы организмов на “северные” и “южные” виды [6] с учетом мощности ферментативного аппарата и интенсивности минерализационных процессов.

Хотя микроорганизмы имеют широкий ареал распространения, у них имеются зоны оптимального развития. Такие виды, как *Bacillus virgulus*, *Bacillus agglomeratus*, *Bacillus cereus*, имеющие менее мощный ферментативный аппарат и развивающиеся на более ранних этапах деструкции органического вещества, приурочены больше к почвам подзолистого типа и могут быть отнесены к “северным” видам по сравнению с “южными” видами, более активными в биохимическом отношении – *Bacillus mesentericus*, *Bacillus*

megaterium, *Bacillus idosus*, *Bacillus subtilis,* которые активнее представлены в серых лесных и черноземных почвах [6]. Полученные результаты свидетельствуют о снижении интенсивности деструкционных процессов в почве и снижении устойчивости ландшафта по мере приближения загрязняющего объекта к источнику утилизации [7–9].

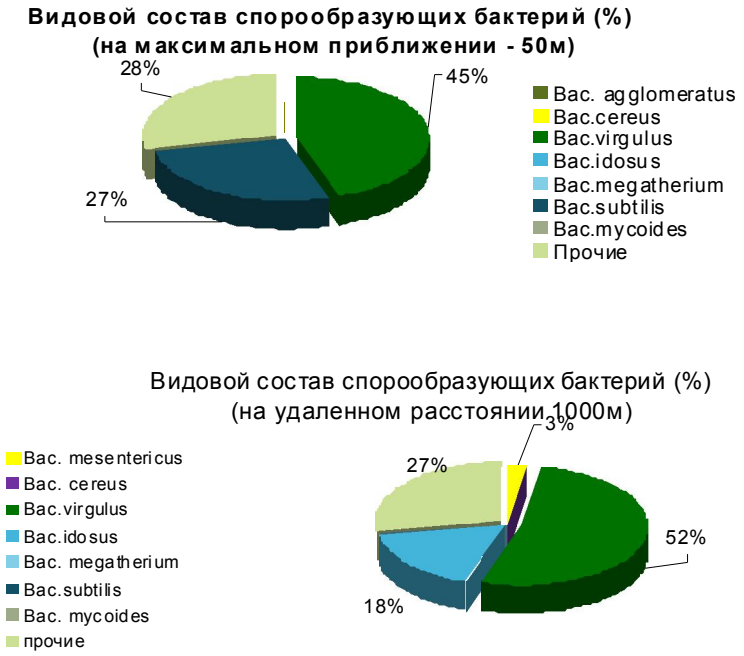


Рисунок 2 – Видовой состав спорообразующих бактерий

Проведенные исследования выявили существенные различия в биологической активности почвы в зависимости от удаленности от источника загрязнения (утилизации). На минимальном удалении число всех групп микробного населения снижается, за исключением грибов. Качественный состав микробиоты также различался на разном удалении. Несмотря на перегруппироку микробного состава в сторону увеличения микроорганизмов с более мощным ферментативным аппаратом (активные формы спорообразующих бактерий), процессы деструкции органического вещества замедляются на минимальном удалении от источника загрязнения, что ухудшает экологическое состояние данного ландшафта. Об ухудшении комфортности данной территории свидетельствует и снижение видового состава спорообразующих бактерий и группового состава актиномицетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров В.Н., Емельянов В.И. Отравляющие вещества. – М. : Воениздат, 1990. – 271 с.

2. Антонов Н.С. Химическое оружие на рубеже двух столетий. – М., 1994.

3. Калинина Н.И. Химическое разоружение России. – М. : Независимая, 2007. – С. 50–55.

4. Методы почвенной микробиологии и биохимии : Учеб. пособие / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.

5. Проблемы уничтожения химического оружия : Сб. мат. первой науч. конф. по проблемам уничтожения хим. оружия / Под ред. Т.Я. Ашихминой. – Киров : Центр медстатистики, 2000. – 168 с.

6. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. – М. : Изд-во АН СССР, 1956.

7. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В. Воздействие ТМ на почвенную микрофлору // Плодородие : Научно-практический журнал. – М. : МЦНТИ, 2007. – № 8. – С. 40.

8. Ефремова (Шаркова) С.Ю., Полянскова Е.А., Парфенова Е.А. Биоиндикация городской среды по состоянию микробного комплекса почв // Экология и промышленность России : Научно-технический журнал. – М., 2011. – №.11. – С. 44–47 .

9. Ефремова (Шаркова) С.Ю., Шарков Т.А., Лукъянец О.В. Экологический мониторинг загрязнения почв // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – Пенза, 2011. – № 25. – С. 568–572.

УДК 593.11

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ РАКОВИННЫХ АМЕБ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ “ЛЕС – СФАГНОВОЕ БОЛОТО” (ОЗЕРО СВЕТЛОЕ, СРЕДНЕЕ ПОВОЛЖЬЕ)

© ***Е.А. Малышева***, *Пензенский государственный технологический университет* (*г. Пенза, Россия*)

© ***Ю.А. Мазей***, *Пензенский государственный университет* (*г. Пенза, Россия*)

TESTATE AMOEBAE COMMUNITY STRUCTURE IN THE FOREST – SPHAGNUM BOG BOUNDARY (SVETLOYE LAKE, MIDDLE VOLGA REGION)

© ***E.A. Malysheva***, *Penza State Technological University(Penza, Russia)*

© ***Yu.A. Mazei***, *Penza State University (Penza, Russia)*

Исследовали закономерности пространственного распределения раковинных амеб в контактной зоне “лес – сфагновое болото” на озере Светлом в Пензенской области. Выявлено, что сообщество раковинных амеб вдоль трансекты, начинающейся в лесу и заканчивающейся в сфагновой сплавине, разделяется на два варианта – “лесное”, с преобладанием педобионтных и эврибионтных видов, относящихся к родам *Centropyxis, Corythion*, *Assulina*, *Euglypha*, *Phryganella*, *Trinema*, *Trigonopyxis,* и “сфагновое”, с доминированием бриофильных таксонов из родов *Arcerella, Heleopera*, *Hyalospheia*, *Nebela.* Два типа имеют

хорошо выраженную границу, располагающуюся между сфагновой сплавиной и краевым участком озера, состав и структура сообщества корненожек в котором ближе к окружающим лесным биотопам.

Ключевые слова: раковинные амебы, граничные структуры биоценозов, структура сообщества, краевые участки болот, контактные зоны “лес – сфагновое болото”.

Patterns of spatial distribution of testate amoebae along the transect starting in the forest and prolonged into the sphagnum quagmire along the forest-bog boundary were studied in the Svetloye lake (Penza territory). Two community types were distinguished. “Forest type” is characterized by the dominance of pedobiont and eurybiont taxa namely *Centropyxis, Corythion*, *Assulina*, *Euglypha*, *Phryganella*, *Trinema*, *Trigonopyxis*. “Sphagnum type” is recognized by high abundances of bryophilic*Arcerella, Heleopera*, *Hyalospheia*, *Nebela*. Two types have clear cut border placed between *Sphagnum* quagmire and bushes (the marginal zone of the boggy lake).

Key words: testate amoebae, ecosystem boundaries, community structure, marginal parts of a bog, “forest – *Sphagnum* bog” boundary.

E-mail: elenamalysheva@list.ru; yurimazei@mail.ru

Исследования, посвященные изучению краевых эффектов в пространственной структуре сообществ простейших, остаются единичными. Так, в работе чешского протозоолога [22, 23] было проанализировано влияние масштаба рассмотрения на проявление эффекта экотона в сообществах почвенных раковинных корненожек. В мезоэкотоне луг – ельник эффект не был установлен. На опушке были отмечены более низкие число видов, обилие, биомасса, разнообразие, выявлен только один специфический для этой зоны вид. В то же время изучение эффекта на уровне *микроэкотона* (моховая кочка – лишайник; моховая кочка – почва, покрытая слоем хвойно-лиственного опада) показало яркое его проявление. В краевой зоне наблюдались более высокие значения обилия и видового богатства, смешение состава двух соседних сообществ, отчетливое изменение обилия популяций некоторых доминантных видов.

Ранее [16] мы анализировали изменения структуры сообщества почвообитающих раковинных корненожек на микротрансектах, начинающихся на моховых кочках и заканчивающихся на почвенных участках с хвойно-листовым опадом, включая пограничный участок между ними. Первая трансекта располагалась в сосняке мохово-лишайниковом лесостепной зоны Среднего Поволжья; она начиналась на кочке, образованной мхом *Dicranum polysetum*, и заканчивалась на светло-серой лесной почве с хорошо выраженной подстилкой мощностью 7 см. Вторая трансекта была выбрана в пойменном березняке в северотаежной зоне Карелии; она начиналась на участке, покрытом мхом *Sphagnum angustifolium*, и заканчивалась на болотно-подзолистой почве с хорошо развитой подстилкой из листового опада и травяного войлока. Третья трансекта находилась в северотаежном ельнике-зеленомошнике; она начиналась с участка, покрытого мхом *Sphagnum flexuosum,* и завершалась на торфянисто-глеевой иллювиально-гумусовой подзолистой почве с развитой подстилкой. На границе между моховыми подушками и почвенной подстилкой в некоторых случаях возможно формирование

специфического варианта сообщества раковинных корненожек. При этом, как правило, в таком краевом ценозе преобладают не специфические формы, а виды из одной из соседних группировок. Кроме того, на границе не отмечается возрастания обилия и видового богатства за счет смешения соседних вариантов сообществ.

В другой нашей работе [17] мы исследовали закономерности изменения видового богатства, обилия, видового состава и видовой структуры сообществ раковинных амеб вдоль шести типов границ "вода – суша" в реке Медведица (бассейн реки Дон): новая граница, реогенная и терригенная окраины, реогенный и терригенный гемиэкотоны, полный экотон. На всех типах границ локальные сообщества корненожек разделялись на наземные и водные варианты. В водных типах сообществ доминировали представители гидрофильных видов из родов *Arcella, Difflugia*, *Cyphoderia, Pseudodifflugia*. Для наземных сообществ были характерны представители педо- и эврибионтных групп из родов *Centropyxis*, *Euglypha*, *Plagiopyxis*, *Trinema*. В пограничных зонах снижалось обилие и видовое богатство раковинных амеб. Наиболее четкое (дискретное) разделение типов сообществ происходило на новой границе и окраинах. В гемиэкотонах и полном экотоне наблюдалась наиболее плавная смена типов сообществ от водных к наземным и формировалась зона перекрывания с переходным типом сообщества.

Выявления закономерностей трансформации сообществ раковинных корненожек при переходе от лесных биогеоценозов к сфагновым сплавинам ранее не проводилось. В Среднем Поволжье нами были исследованы разнотипные лесные и болотные экосистемы и было показано, что существуют отличающиеся друг от друга лесные и болотные варианты сообществ раковинных амеб, отличающиеся видовым составом и структурой [1–21, 24]. Задачей настоящей работы является выявление того, каким образом эти варианты переходят друг в друга.

Материал был собран в 2008 г. на территории Пензенской области – западные отроги Средневолжской возвышенности, участок "Верховья Суры" заповедника "Приволжская лесостепь" в Кузнецком районе – озеро Светлое. Общая характеристика растительности и сообществ раковинных амеб в озере приводятся в наших предыдущих работах [15, 21]. Настоящие исследования проводили на трех параллельных трансектах, располагавшихся на расстоянии одного метра друг от друга и направленных вдоль топоэкологического профиля, проходящего от смешанного леса, окружающего болото (линии 1–3), через древесно-кустарниковый биотоп (линии 4–5), кочкарниковое сфагновое болото (6–7) к центральной части сфагновой сплавины (линии 8–10), обращенной к открытой части озера (рис. 1).

Рисунок 1 – Схема исследованной трансекты на озере Светлом (1–10 линии трансекты, расположенные по направлению от лесного биотопа к сфагновой сплавине)

Отбор и подготовку проб проводили по стандартной методике [2]. В каждой пробе было подсчитано не менее 150 экземпляров. Полученные величины численности раковинок пересчитывали на 1 г абсолютно сухого субстрата. Доминирующими считали таксоны, относительное обилие которых в локальных сообществах превышало 10 % от общей численности раковинок.

Классификацию сообществ осуществляли при помощи последовательного кластерного анализа методом среднего присоединения на основе индексов сходства Раупа – Крика для данных по присутствию-отсутствию видов и индексов Брея – Кертиса для данных по относительным обилиям видов. Расчеты проводились при помощи программы MS Excel и пакета статистических программ PAST 2.17.

В исследованных местообитаниях было обнаружено 74 вида и внутривидовых таксонов раковинных амеб. Обилие раковинок максимально (37,8 тыс. экз. / г) в кустарниково-разнотравном биотопе и имеет тенденцию к снижению при переходе в соседние сообщества. Минимальные показатели обилия раковинок (10,2–13,2 тыс. экз. / г) отмечены в разнотравном луговом биотопе (рис. 2,а). Видовое богатство максимально (41 вид) на краю сфагновой сплавины (линия 10), где появляется большое количество аквальных форм, снижается (19–22 вида) на ровных участках сфагновой сплавины (линии 6–9) и возрастает (29–32 вида) в лесных биотопах (рис. 2,б).

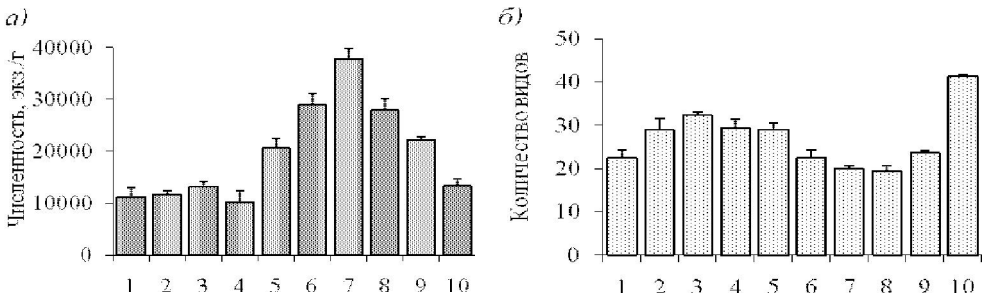


Рисунок 2 – Изменение обилия (а) видового богатства (б) сообщества раковинных амеб в разных биотопах (1–10 линии трансекты, расположенные по направлению от лесного биотопа к сфагновой сплавине)

По видовому составу все локальные сообщества разделяются на две группы (рис. 3,а). Первая – “лесная”, сформированная на линиях 1–5, – образована геофильными и эврибионтными видами корненожек, относящимися к родам *Centropyxis*, *Trinema*, *Phryganella*, *Corythion,* обилие которых значительно снижается при переходе в соседние биотопы. Вторая – сфагновая, на линиях 6–10 – для которой характерны бриофильные и сфагнофильные виды из родов *Placocysta*, *Heleopera*, *Hyalosphenia*, *Archerella*.

По видовой структуре разделение локальных сообществ происходит сходным образом (рис. 3,б). “Лесной” вариант сообщества более гетерогенный с доминированием эврибионтов *Corythion dubium*, *Trinema lineare*, *Euglypha laevis*. Для “сфагнового” варианта более характерны доминанты – бриофилы *Heleopera sphagni*, *Hyalospyhenia elegans*, *Hyalosphenia papilio*. Только один вид – эврибионт *Assulina muscorum* – входит в состав доминирующей группировки в локальных сообществах на протяжении всей трансекты.

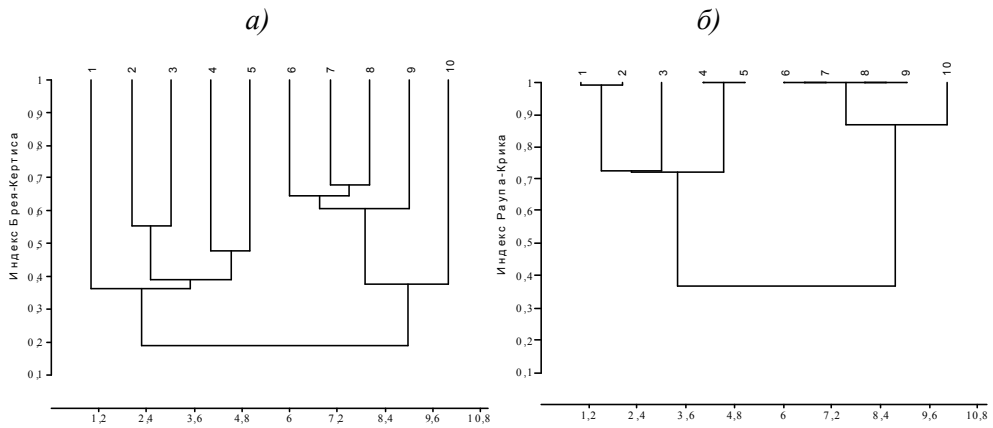


Рисунок 3 – Результаты классификации сообществ раковинных амеб из разных биотопов по видовому составу (а) и видовой структуре (б) (1–10 линии трансекты)

Вдоль трансекты изменяется состав жизненных форм раковинных амеб (рис. 4). Для лесных биотопов характерны представители, имеющие плагиостомный (26,9–55,6 %) и акростомный (57,7–85,9 %) тип раковинки; для древесно-кустарниковых биотопов – акростомные и плагиостомные раковинки; при переходе в сфагновые биотопы возрастает представленность раковинок с двумя устьями (20,3–25,4 %) и акростомного типа (63,6–74,0 %).

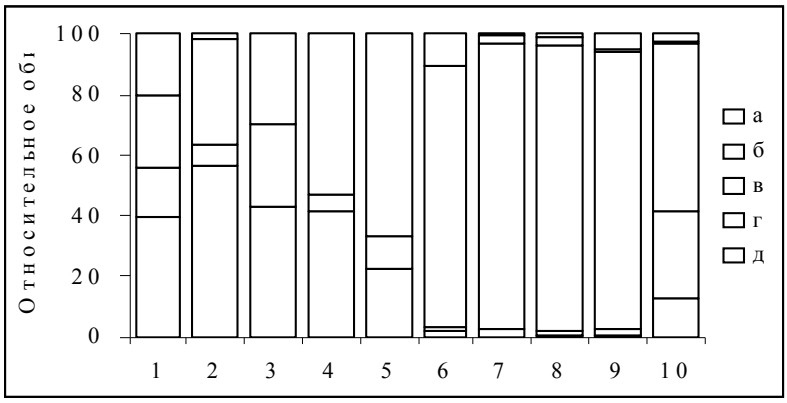


Рисунок 4 – Соотношение жизненных форм корненожек – с двумя устьями (а), криптостомные (б), акростомные (в), центростомные (г), плагиостомные (д) – в разных типах биотопов (1–10 линии трансекты)

Таким образом, условная граница, разделяющая сообщество корненожек на два варианта, образуется при переходе от лесных и кустарниковых биотопов к сфагновым, где отмечается четкая смена сообществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазей Ю.А., Белякова О.И. Структура сообщества раковинных амеб в моховых биотопах малых водотоков // Поволжский экологический журнал. – 2010. – № 1. – С. 62–70.

2. Мазей Ю.А., Блинохватова Ю.В., Ембулаева Е.А. Особенности микропространственного распределения почвообитающих раковинных амеб в лесах Среднего Поволжья // Аридные экосистемы. – 2011. – Т. 17. – № 46. – С. 37–46.

3. Мазей Ю.А., Бубнова О.А. Видовой состав и структура сообщества раковинных амеб в сфагновом болоте на начальном этапе его становления // Известия РАН. – 2007. – № 6. – С. 738–747. – (Биологическая).

4. Мазей Ю.А., Бубнова О.А. Структура сообщества раковинных амеб (Testacealobosea; Testaceafilosea; Amphitremidae) в напочвенных сфагнумах смешанных лесов Среднего Поволжья // Вестник зоологии. – 2008. – № 1. – С. 41–48.

5. Мазей Ю.А., Бубнова О.А. Структура сообщества раковинных амеб в Наскафтымском моховом болоте (Среднее Поволжье, Россия) // Поволжский экологический журнал. – 2008. – № 1. С. 39–47.

6. Мазей Ю.А., Бубнова О.А. Раковинные амебы в сфагновых биотопах заболоченных лесов // Зоологический журнал. – 2009. – Т. 88. – № 4. – С. 387–397.

7. Мазей Ю.А., Бубнова О.А., Чернышов В.А. Структура сообщества раковинных амеб (Testacealobosea; Testaceafilosea; Amphitremidae) в Чибир-

лейском моховом болоте (Среднее Поволжье, Россия) // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т. 11. – № 1. – С. 72–77.

8. Мазей Ю.А., Ембулаева Е.А. Структура сообщества почвенных раковинных амеб в Островцовской лесостепи (Среднее Поволжье): эффект лесостепного градиента // Успехи современной биологии. – 2008. – Т. 128. – № 5. – С. 508–516.

9. Мазей Ю.А., Ембулаева Е.А. Изменение сообществ почвообитающих раковинных амёб вдоль лесостепного градиента в Среднем Поволжье // Аридные экосистемы. – 2009. – Т. 15. – № 37. – С. 13–23.

10. Мазей Ю.А., Ембулаева Е.А., Трулова А.С. Раковинные амебы в почвах лесостепных биогеоценозов (по материалам заповедника "Приволжская лесостепь") // Известия вузов. Поволжский регион. Естественные науки. 2013. (в печати).

11. Мазей Ю.А., Калякин Е.А., Колесников Д.В., Видинеев Н.Е. Первые данные о раковинных амебах верховых болот бассейна реки Суры // Экологические проблемы современности : Сб. ст. Межд. науч.-практ. конф. – Пенза : МНЭПУ, 2005. – С. 28–31.

12. Мазей Ю.А., Цыганов А.Н. Изменения видовой структуры сообщества раковинных амеб вдоль средовых градиентов в сфагновом болоте, восстанавливающемся после выработки торфа // Поволжский экологический журнал. – 2007. – № 1. – С. 24–33.

13. Мазей Ю.А., Цыганов А.Н., Бубнова О.А. Видовой состав, распределение и структура сообщества раковинных амеб мохового болота в Среднем Повлжье // Зоологический журнал. – 2007. – Т. 86. – № 10. – С. 1155–1167.

14. Мазей Ю.А., Цыганов А.Н., Бубнова О.А. Структура сообщества раковинных амеб в сфагновом болоте верховий реки Суры (Среднее Поволжье) // Известия РАН. – 2007. – № 4. – С. 462–474. – (Биологическая).

15. Мазей Ю.А., Цыганов А.Н., Митяева О.А., Бабешко К.В. Раковинные амебы в сфагновых болотах (по материалам заповедника "Приволжская лесостепь") // Известия вузов. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013 (в печати).

16. Малышева Е.А., Мазей Ю.А. Особенности структуры сообществ раковинных амеб в микроэкотонах "моховая подушка – почвенная подстилка" // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2010. – № 20. – С. 51–53.

17. Малышева Е.А., Мазей Ю.А., Ермохин М.В. Структурирование сообществ раковинных амеб в разных типах граничных структур в контактной зоне "вода – суша" // Поволжский экологический журнал. – 2011. – № 4. – С. 455–468.

18. Трулова А.С., Ембулаева Е.А., Мазей Ю.А. Сезонные изменения структуры сообщества почвообитающих раковинных амеб в лесостепных биогеоценозах Среднего Поволжья // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013 (в печати).

19. Трулова А.С., Мазей Ю.А. Сезонная динамика структуры сообщества раковинных амеб в Среднем Поволжье // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2012. – № 29. – С. 397–404.

20. Трулова А.С., Митяева О.А., Мазей Ю.А. Сезонная динамика сообщества раковинных амеб в заболоченном лесу Среднего Поволжья // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2012. – № 2. – С. 39–44.

21. Цыганов А.Н., Мазей Ю.А. Видовой состав и структура сообщества раковинных амеб заболоченного озера в Среднем Поволжье // Успехи современной биологии. – 2007. – Т. 127. – № 4. – С. 405–415.

22. Balik V. Testate amoeba community (Protozoa, Rhizopoda) in a meadow – spruce forest mesoecotone // Biologia, Bratislava. 1996. V. 51. P. 117–124.

23. Balik V. Testate amoeba community (Protozoa, Rhizopoda) in two moss – soil microecotones // Biologia, Bratislava. 1996. V. 51. P. 125–133.

24. Mazei Yu. A., Tsyganov A.N. Species composition, spatial distribution and seasonal dynamics of testate amoebae community in sphagnum bog (Middle Volga region, Russia) // Protistology. 2007. V. 5. № 2,3. P. 156–206.

УДК 574.38

РАЗДЕЛЕНИЕ ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ В АССОЦИАЦИЯХ ИНФУЗОРИЙ СЕМЕЙСТВА TRACHELOCERCIDAE БЕЛОГО МОРЯ

© ***А.С. Есаулов***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***И.В. Есаулова***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

PARTITIONING OF FOOD RESOURCES IN CILIATES ASSOCIATIONS OF THE FAMILY TRACHELOCERCIDAE FROM THE WHITE SEA

© ***A.S. Esaulov***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***I.V. Esaulova***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Исследовано разделение пищевых ресурсов в ассоциации инфузорий-трахелоцерцид на литорали Белого моря. Изучение пищевых спектров кариореликтид показало, что они существенно расходятся по своим пищевым предпочтениям.

Ключевые слова: инфузории, трахелоцерциды, Белое море, бентос, структура сообщества.

Investigated the separation of food resources in the association of ciliates-trahelocercids on the White Sea intertidal. The study of food spectra of karyorelictea showed that they diverge significantly in their food preferences.

Key words: ciliates, trachelocercids, White Sea, benthos, community structure.

E-mail: esaulovanton@yandex.ru

В сообществах микробентоса морей и эстуариев обнаружено свыше 1400 видов инфузорий [7]. Сосуществование большого числа видов псаммофильных одноклеточных организмов в сообществе определяется наличием богатых возможностей в расхождении экологических ниш по пищевым ресурсам, в пространстве и во времени. Этому способствуют, во-первых, весьма гетерогенная среда, в которой формируется сообщество, во-

вторых, эволюционное многообразие протистов. Неоднородная во времени и пространстве среда создает богатые потенциальные возможности для развития живого вещества. Большое разнообразие одноклеточных, представленное широким спектром морф, размерных классов, типов питания, способов захвата пищи, жизненных стратегий, а также высокая физиологическая пластичность позволяет протистам занимать потенциальные ниши, используя всё разнообразие имеющихся пищевых ресурсов, и приспосабливаться к разнообразнейшим комбинациям абиотических факторов среды [3].

Семейство Trachelocercidae является наиболее массовым и экологически значимым объектом морской интерстициали. В общей биомассе псаммофильного сообщества инфузорий они составляют в среднем более 60 %. Вместе с тем остается открытым вопрос, каким образом происходит разделение нишевого пространства в ассоциациях нескольких морфологически близких видов. Целью настоящей работы явилось рассмотрение вопроса о том, как разделяется пищевой ресурс в ассоциации инфузорий-трахелоцерцид на литорали Белого моря.

Исследования проводили в июне-августе 2009 г. в губе Грязной эстуария реки Черной Кандалакшского залива Белого моря, когда плотность организмов микробентоса была максимальной [4]. Для изучения трофических взаимоотношений в сообществе микробентоса пробы инфузорий отбирали на строго фиксированных площадках размером 50х50 см. Выделение инфузорий из грунта проводили в лаборатории. Осадок многократно промывали на мельничном газе фильтрованной морской водой по модифицированному методу Улига [1, 8]. Изучали содержимое пищеварительных вакуолей инфузорий на живых объектах при большом увеличении микроскопа. При этом определяли видовую принадлежность пищевых объектов в цитоплазме организмов (рис. 1), ориентируясь на их внешний вид, размеры и цвет, руководствуясь при этом соответствующими описаниями и рисунками перидиниевых и диатомовых водорослей, составленными М.А. Сабуровой на материале, собранном в тех же местах, где проводились и наши исследования. В большинстве случаев удалось определить пищевые объекты до вида или рода.

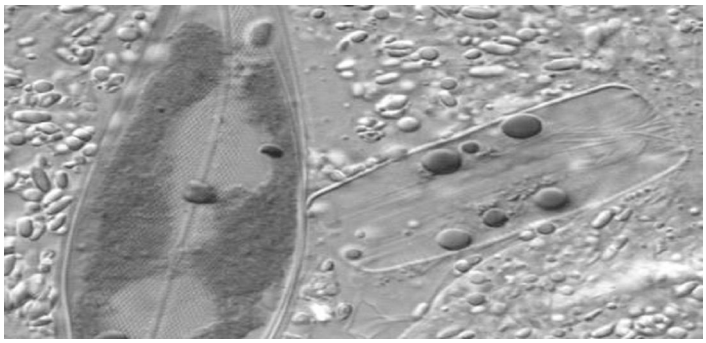


Рисунок 1 – Диатомовые водоросли в цитоплазме трахелоцерцид

Всего в изучаемом сообществе обнаружено 11 видов трахелоцерцид, из которых наиболее массовым является *Apotrachelocerca arenicola* (31,4 %), следующими за ним по значимости *Tracheloraphis phoenicopterus* (3,4 %),

T. oligostriata (2,2 %), *T. sagitta* (1,3 %), *T. longicollis* (1,2 %), *Trachelocerca incaudata* (0,8 %). Остальные встречаются при более низкой плотности. Из кариореликтид других семейств и родов наиболее значимым видом является *Remanella margaritifera*, доля которого в сообществе в разные годы и время сезона составляет 38–66 % (остальные 34–62 % – трахелоцерциды) (рис. 2).

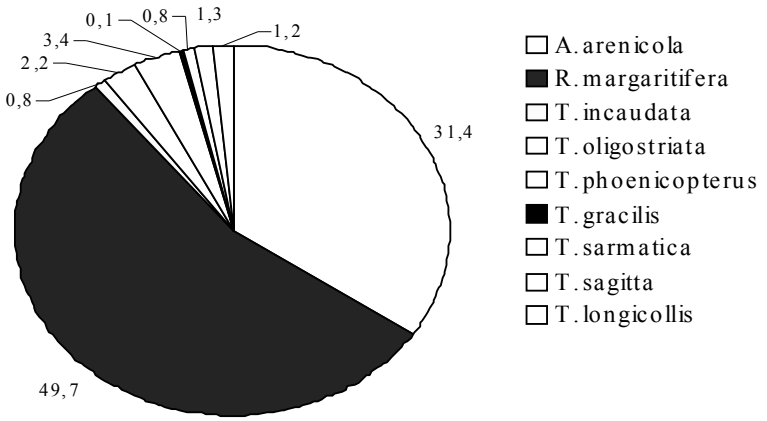


Рисунок 2 – Средние значения обилий массовых кариореликтид

Ранее было показано, что псаммофильные инфузории достаточно сильно расходятся по предпочитаемой пище [2, 6]. Однако эти исследования не затрагивали многих трахелоцерцид, которые точно идентифицированы были только в наших недавних работах [5, 9]. Проведённое нами изучение питания кариореликтид, с учётом новых данных об их видовой принадлежности, показало, что они существенно расходятся по пище (среднее перекрывание – 0,36) (табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициенты сходства пищевых спектров массовых видов (индексы Брея – Кертиса)

	A. arenicola	*T. incaudata*	*T. phoenicopterus*	*T. oligostriata*	*T. sagitta*	*T. sarmatica*	*Среднее*
A. arenicola	1,00	0,56	0,36	0,30	0,46	0,44	0,43
T. incaudata	0,56	1,00	0,37	0,27	0,37	0,54	0,42
T. phoenicopterus	0,36	0,37	1,00	0,49	0,17	0,21	0,32
T. oligostriata	0,30	0,27	0,49	1,00	0,12	0,27	0,29
T. sagitta	0,46	0,37	0,17	0,12	1,00	0,44	0,31
T. sarmatica	0,44	0,54	0,21	0,27	0,44	1,00	0,38
Среднее	0,43	0,42	0,32	0,29	0,31	0,38	0,36

Так, *T. phoenicopterus* предпочитал *Amphidinium poecillochraum* и *Amphidiniopsis arenaria*, *T. oligostriata – Rodomonas salina*, *Geteronema exaratum* и *Katodinium asymetricum*, *T. sagitta – Diploneis sp.*, *T. sarmatica – Katodinium asymetricum*, *Trachelocerca incaudata – Diploneis sp.* и *Navicula sp.*, *Apotrachelocerca arenicola* – эктобактерии.

Причём здесь массовые и редкие виды характеризуются в целом близким уровнем сходства/различий пищевых спектров. Благодаря этой особенности питания дополнительно увеличивается возможность образования устойчивых многовидовых ассоциаций псаммофильных инфузорий и поддержания относительного баланса видов в пространственно-временном континууме.

Слабые и неспецифические взаимодействия между морфологически близкими видами приводят к достаточно независимому росту популяций и случайному варьированию их соотношения. Достаточно сильная конкуренция возможна только при высокой концентрации видов, близких по пищевым предпочтениям. Их плотность в решающей степени определяется составом и количеством предпочитаемой пищи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурковский И.В. Структура, динамика и продукция сообщества морских псаммофильных инфузорий // Зоол. журн. – 1978. – Т. 57. – Вып. 3. – С. 325–337.

2. Бурковский И.В. Структурно-функциональная организация и устойчивость морских донных сообществ. – М. : Изд-во МГУ, 1992. – 208 с.

3. Бурковский И.В., Мазей Ю.А. Изменение структуры сообщества морских псаммофильных инфузорий за время, эквивалентное смене тысяч поколений // Успехи современной биологии. – 2008. – Т. 128. – № 4. – С. 383–398.

4. Бурковский И.В., Мазей Ю.А., Есаулов А.С. Влияние локальных модификаций среды на формирование видовой структуры сообщества морских псаммофильных инфузорий // Биология моря. – 2011. – Т. 37. – № 3. – С. 168–175.

5. Есаулов А.С., Мазей Ю.А. Материалы по морфологии некоторых видов псаммофильных инфузорий семейства Trachelocercidae Кандалакшского залива Белого моря // Современные научно-практические достижения в морфологии животного мира : Матер. I Межд. науч.-практ. конф. – Брянск : БГУ, 2011. – С. 15–19.

6. Мазей Ю.А., Бурковский И.В., Сабурова М.А., Поликарпов И.Г., Столяров А.П. Трофическая структура сообщества псаммофильных инфузорий в эстуарии р.Черной // Зоологический журнал. – 2001. – Т. 80. – № 11. – С. 1283–1292.

7. Azovsky A.I., Mazei Yu.A. Do microbes have macroecology? Large-scale patterns in diversity and distribution of marine benthic ciliates // Global Ecology and Biogeography. 2013. Vol. 22. № 2. P. 163–172.

8. Uhlig G., 1968. Quantitative methods in the study of interstitial fauna // Trans. Amer. Microsc. Soc. Vol. 87. P. 226–232.

9. Xu Y., Esaulov A., Warren A., Lin X., Mazei Yu., Hu X., Al-Rasheid K.A.S., Song W. Studies on five Trachelocercids from Yellow Sea coast of northern China, with notes on descriptions of Tracheloraphis huangi spec. nov. (Ciliophora, Karyorelictea) // Acta Protozoologica. 2011. Vol. 50. № 3. P. 205-218.

УДК 633.11. “321” + 631.95

МОДИФИКАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

© ***С.В. Зиновьев***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***А.А. Блинохватов***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

MODIFY VARIABILITY OF SPRING WHEAT

© ***S.V. Zinoviev***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***A.A. Blinokhvatov***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена изучению модификационной изменчивости яровой пшеницы. Выявлено, что для получения семенного материала высокого качества яровой пшеницы большое значение имеет использование в семеноводстве наиболее полноценных семян, которые более устойчивы к факторам внешней среды.

Ключевые слова: яровая пшеница, модификационная изменчивость, урожайность, качество семян.

The Article is dedicated to study modify variability of spring wheat. It is revealed that for reception seed material high quality spring wheat of great importance is, use in seed production the most full-fledged seeds, more resistant to environmental factors.

Key words: spring wheat, modify variability, crop yield, seed quality.

E-mail: zinoviev.ser@yandex.ru

Яровая пшеница – одна из самых древних и распространённых в мире сельскохозяйственных культур. Её возделывают в разных частях света, на всех континентах, от Полярного круга до субтропической зоны. Высокие пищевая ценность, содержание белка, хлебопекарные качества, способность к длительному хранению и приспособляемость к различным почвенно-климатическим условиям позволяют яровой пшенице до сих пор оставаться одной из важнейших продовольственных и фуражных культур. Большой ареал распространения яровой пшеницы во многом обусловлен её высокой адаптивной способностью к разным условиям, что позволяет выращивать эту культуру в разных природных условиях. При этом большая вариабельность факторов внешней среды оказывает заметное влияние на урожайность и качество семян яровой пшеницы в пределах одного сорта и даже одного соцветия [2, с. 18; 6, с. 19].

В ходе воздействия модифицирующего действия среды у растений могут формироваться заметные изменения различных признаков – модификации, которые представляют собой изменения фенотипа, вызванные влиянием окружающей среды и не связанные с изменениями генотипа. При этом возникшее конкретное модифицированное изменение признака не наследуется, но диапазон такой изменчивости, или норма реакции, генетически детерминирован и наследуется. Модификации сохраняются лишь на протяжении жизни данного организма, то есть это – результат

адаптивной реакции организма на изменяющиеся условия жизни, которые оказывают влияние на все признаки и свойства развивающегося организма. Одни признаки модифицируют в большей мере, другие в меньшей. Если условия среды не меняются, модификации могут сохраняться в последующих поколениях, а если действие среды, вызвавшее их, не происходит, то модификации не сохраняются.

Модификационной изменчивости подвержены как количественные, так и качественные признаки, в том числе и те, которые формируют урожайность и качество зерна яровой пшеницы.

Семена, даже сформировавшиеся в пределах одного колоса, могут заметно отличаться друг от друга, это может быть вызвано различными факторами как окружающей среды, так и местом формирования семян [1, с. 24; 5, с. 40].

Модификационная изменчивость – одна из причин экологической и матрикальной разнокачественности семян, которые связаны друг с другом [6, с. 20; 3, с. 8].

Получение семян яровой пшеницы высокого качества является задачей, позволяющей во многом решать проблему достижения устойчивых урожаев, особенно продовольственного зерна высокого качества, одним из путей решения которой являются новые методы отбора в семеноводстве зерновых культур.

В Пензенской области особенно в последнее время по причине большого колебания метеорологических факторов, недостатка влаги во время вегетации, вызываемого засухами, которые происходят всё чаще, возникают довольно большие отклонения по урожайности и качеству зерна яровой пшеницы даже в пределах нескольких лет, и эта проблема чувствуется особенно сильно. Большая изменчивость почвенно-климатических условий, изменение климата и трудности прогнозирования условий вегетации заставляют обратить внимание на возможность введения в семеноводстве методов отбора семян, более устойчивых к факторам среды [4, с. 28; 7, с. 19].

Исследования, направленные на изучение модификационной изменчивости яровой пшеницы, проводились в условиях ЗАО “Константиново”, расположенного в первом агроклиматическом районе Пензенской области.

Объект исследования – яровая мягкая пшеница сорта Тулайковская 10. Колос разделяли на три равные части. В качестве посевного материала использовали семена со всего колоса (контроль), с верхней его части, средней и нижней. Посевная площадь делянки 5 м^2, учётная 1 м^2, повторность четырёхкратная, размещение вариантов систематическое. Норма высева 5,0 млн. всхожих семян на гектар.

Полевая всхожесть – показатель, характеризующий дружность прорастания семян. Данный показатель определяет внутреннее качество семян и находится в прямой зависимости от них. Семена с высокой всхожестью при оптимальной агротехнике дают быстрые, дружные, крепкие всходы.

В 2010 году полевая всхожесть составила 66,5…75,4 %.

В 2011 году полевая всхожесть колебалась в пределах 77,9…88,2 % и была выше, чем в 2010 году в силу большего количества влаги и менее

жарких климатических условий. По обоим годам исследований наибольший показатель полевой всхожести отмечен у семян из средней части колоса 75,4…88,2 %.

Выживаемость растений – важный показатель воздействия факторов среды и способности растений противостоять неблагоприятным метеорологическим условиям. В условиях 2011 года сохранность растений к уборке была максимальной, составила – 79,1…86,2 % по вариантам опыта. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о колебаниях в сохранности растений к уборке по годам исследований. Уменьшение количества сохранившихся к уборке растений в 2010 году объясняется продолжительной засухой и уменьшением количества осадков.

Проведённые исследования показали, что прибавку урожая в течение всего срока проведённых опытов показали семена со средней части колоса. Максимальная урожайность зафиксирована в 2011 году и составила 3,02 т/га, а прибавка урожая по сравнению с контролем составила 0,39 т/га в среднем за два года исследований (табл. 1).

Таблица 1 – Урожайность яровой пшеницы, т/га

№ п\п	Семена (А)	Год исследований (В)			Отклонения от контроля, т/га
		2010	2011	среднее	
1	Целый колос	1,26	2,66	1,96	-
2	Верхняя часть колоса	1,09	2,33	1,71	-0,25
3	Средняя часть колоса	1,68	3,02	2,35	+0,39
4	Нижняя часть колоса	1,33	2,58	1,94	-0,02
$НСР_{05}$ Фактор А Фактор В АВ		-	-	0,08 0,11 0,16	-

Семена с нижней части колоса в 2010 году дали прибавку 0,07 т/га, по сравнению с контролем, в 2011 наоборот уступили контролю 0,08 т/га. И в среднем за два года исследований по урожайности данный вариант отличался от контроля незначительно.

В 2010 и 2011 годах наименьшую адаптацию к условиям среды показал вариант с верхней части колоса. Урожайность составила 1,09…2,33 т/га, что уступало контролю на 0,18…0,33 т/га, соответственно.

Масса 1000 зёрен является показателем качества семенного материала. Крупные семена дают более мощные и более продуктивные растения. В 2010 году масса 1000 зёрен составила – 24,1…32,6 г, в 2011 – 28,5…34,8 г, по вариантам опыта. Наибольшая масса 1000 зёрен отмечена у варианта со средней части колоса – 33,7 г (в среднем за 2 года исследований).

Содержание сырого белка и макроэлементов (азот, фосфор, калий) – показатели качества полученных семян. Для получения дружных, жизнеспособных всходов и дальнейшего оптимального развития растений необходим достаточный запас питательных веществ в семенах сельскохозяйственный культур, что способствует получению высоких урожаев (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание сырого белка, азота, фосфора и калия в зерне яровой пшеницы, % (среднее за 2010…2011 гг.)

№ п\п	Показатель	Целый колос	Верхняя часть колоса	Средняя часть колоса	Нижняя часть колоса
1	Азот (N_2),%	2,16	2,04	2,60	2,11
2	Фосфор (P_2O_5), %	0,59	0,54	0,59	0,63
3	Калий (K_2O), %	0,59	0,54	0,59	0,63
4	Сырой белок, %	13,55	12,76	16,25	13,16

Наибольшие показатели по всем вариантам опыта содержания сырого белка – 12,4...21,0 %; азота – 2,04…2,98 %, фосфора – 0,59…0,63 % и калия – 0,62…0,64 % отмечены в 2011 г., что даёт возможность сказать, что погодные условия способствовали накоплению этих веществ по сравнению с 2010 годом.

В среднем за два года максимальное содержание данных компонентов отмечено: сырого белка и азота у семян, полученных из средней части колоса – 2,6 и 16,25 %, соответственно; фосфора (P_2O_5) – 0,63 % и калия (K_2O) – 0,63 % у семян, полученных из нижней части колоса.

Результаты проведённых исследований показывают, что разнокачественность семян вследствие модификационной изменчивости яровой пшеницы возникала по причине как места формирования семян в колосе, так и изменения климатических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белецкий А.П.Экологическая разнокачественность семян и их урожайные свойства / А.П. Белецкий, Л.Д. Ивашура // Селекция и семеноводство. – 1982. – № 4. – С. 40–42.

2. Вьюшков А.А. Пшенице – высокое качество / А.А. Вьюшков, С.Н. Шевченко // Земледелие. – 2000. – № 3. – С. 17–18.

3. Головоченко Н.А.Оценка реакций сортов яровой мягкой пшеницы на техногенные, абиотические и биотические факторы среды в лесостепи Среднего Поволжья : Автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. – Кинель, 2010. – 21 с.

4. Живаев Д.А. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы на фоне минеральных и бактериальных удобрений / Д.А. Живаев, Д.Е. Гришин // Земледелие. – 2006. – № 2. – С. 28–29.

5. Кочегура А.В. Разнокачественность семян на растении // Селекция и семеноводство. – 1982. – № 9. – С. 24–25.

6. Ленточкин А.М. Матрикальная разнокачественность семян колоса яровой пшеницы Иргина // Зерновое хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 19–21.

7. Мухина С.В. Технология возделывания яровой твёрдой пшеницы на юго-востоке центрально-чернозёмной зоны / С.В. Мухина, В.Н. Кузьмин // Зерновое хозяйство. – 2004. – № 3. – С. 19–20.

УДК 593.11

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ “ЛЕС – СФАГНОВОЕ БОЛОТО” НА СЕВЕРЕ КАРЕЛИИ

© ***Е.А. Малышева***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***Ю.А. Мазей***, *Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

TESTATE AMOEBAE COMMUNITY STRUCTURE IN THE FOREST – SPHAGNUM BOG BOUNDARY IN THE NORTHERN KARELIA

© ***E.A. Malysheva***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***Yu.A. Mazei***, *Penza State University (Penza, Russia)*

Исследовали закономерности пространственного распределения раковинных амеб в контактной зоне “лес – сфагновое болото” на территории окрестностей деревни Черная Река в Лоухском районе Карелии. По видовому составу все локальные сообщества объединяются в две группы. Первая, включающая в себя раковинных амеб из елово-соснового леса, кустарниковой и пушициевой парцелл, образована разнообразными представителями педобионтных и эврибионтных видов. Вторая группа сообществ образована представителями сфагнобионтных видов, населяющих биотопы сфагнового болота и сплавины. По видовой структуре локальные сообщества разделяются сходным образом: в сплавине преобладают сфагнофильные виды, в остальных местообитаниях – эврибионтные и бриофильные виды. При этом граница проходит между сфагновой сплавиной и краевыми участками болот, которые по составу и структуре корненожек ближе к окружающим лесным биотопам.

Ключевые слова: раковинные амебы, граничные структуры биоценозов, структура сообщества, краевые участки болот, контактные зоны “лес – сфагновое болото”, Карелия.

Patterns of spatial distribution of testate amoebae along the transect starting in the forest and prolonged into the sphagnum quagmire along the forest-bog boundary were studied in the area of the village of Black River in Louhi region of Karelia. Two community types were distinguished. The first, which includes the testate amoebae of the spruce-pine forest, shrub and *Eriophorum* parcels, formed by representatives of various pedobiont and eurybiont species. The second group is formed by representatives of the communities sphagnobiont species inhabiting habitats sphagnum bog and quagmire. According to the specific structure of the local community are divided in a similar way: a quagmire dominated sphagnophylic species in other habitats - eurybiont and briobiont views. The border runs between sphagnum quagmire and edge portions of wetlands that the composition and structure of rhizopods closer to the surrounding forest habitats.

Key words: testate amoebae, ecosystem boundaries, community structure, marginal parts of a bog, “forest – *Sphagnum* bog” boundary.

E-mail: elenamalysheva@list.ru; yurimazei@mail.ru

Исследования, посвященные изучению краевых эффектов в пространственной структуре сообществ раковинных амеб, начались с работ чешского протозоолога В. Балика [25, 26]. Ранее нами проводилось исследование структуры сообщества почвообитающих раковинных корненожек на микротрансектах, начинающихся на моховых кочках и заканчивающихся на по-

чвенных участках с хвойно-листовым опадом, включая пограничный участок между ними [19]. Исследуемая трансекта была выбрана в пойменном березняке в северотаежной зоне Карелии; она начиналась на участке, покрытом мхом *Sphagnum angustifolium,* и заканчивалась на болотно-подзолистой почве с хорошо развитой подстилкой из листового опада и травяного войлока. Третья трансекта находилась в северотаежном ельнике-зеленомошнике; она начиналась с участка, покрытого мхом *Sphagnum flexuosum,* и завершалась на торфянисто-глеевой иллювиально-гумусовой подзолистой почве с развитой подстилкой. На границе между моховыми подушками и почвенной подстилкой в некоторых случаях возможно формирование специфического варианта сообщества раковинных корненожек. При этом, как правило, в таком краевом ценозе преобладают не специфические формы, а виды из одной из соседних группировок. Кроме того, на границе не отмечается возрастания обилия и видового богатства за счет смешения соседних вариантов сообществ.

В исследованиях, проводящихся в пределах ровной сфагновой сплавины грядово-озеркового комплекса в северотаежной зоне [9], выделено три варианта локальных сообществ раковинных амеб, соответствующих условиям с разной степенью увлажнения. В увлажненных биотопах преобладали гидрофилы, а в среднеувлажненных – сфагнофилы. При этом отсутствовала группировка ксерофильных видов, характерная для крайне сухих моховых кочек, не наблюдавшихся на сплавине. В осоково-сфагновом заболоченном лесу [13] выявлено три варианта сообществ: ксерофильное, формирующееся на кочках, мезофильное на ровных увлажненных участках и гидрофильное сообщество переувлажненных биотопов. Разнотипные болотные экосистемы были исследованы нами и в Среднем Поволжье. Было показано, что существуют отличающиеся друг от друга лесные и болотные варианты сообществ раковинных амеб с разным видовым составом и структурой [1–7, 10–12, 14–24, 27].

Целью настоящей работы явилось выявление особенностей структуры и состава сообществ раковинных амеб и основных типов перехода в контактных зонах биогеоценозов на границах “лес – сфагновое болото” в северных подзонах тайги в окрестностях деревни Черная Река Лоухского района Карелии.

Материал был собран в 2009 г. на трансектах на территории Северной Карелии (Прибеломорская низменность, окрестности деревни Черная Река Лоухского района).

Исследования сообществ проводили вдоль топоэкологического профиля (рис. 1), начинающегося от елово-соснового леса, окружающего болото (линии 1–3), через кустарниковый биотоп, образованный миртом обыкновенным (линии 4–6), кочкарниковое (Пушица широколистная – *Eriophorum latifolium Hoppe*) сфагновое болото (линии 7–8) к сфагновой сплавине (линии 9–10).

Рисунок 1 – Схема исследованной трансекты болота Черная Река (1–10 линии трансекты, расположенные по направлению от лесного биотопа к сфагновой сплавине)

Отбор и подготовку проб проводили по стандартной методике [2]. Для выявления видового состава и количественного учета раковинных амеб 5 г исследуемого субстрата помещали в колбу на 150 см^3, заливали произвольным количеством воды и оставляли на сутки. Полученную суспензию взбалтывали в течение 10 мин и фильтровали через сито с диаметром ячей 0,5 мм в химические стаканы емкостью 0,8 см^3. Крупные растительные остатки, оставшиеся на сите, дополнительно промывали слабой струей воды. Взвесь отстаивали в течение суток, надосадочную прозрачную жидкость сливали, оставшуюся суспензию переносили в градуированную емкость и снова давали отстояться. Избыточную жидкость вновь сливали, оставляя лишь 10 см^3. Суспензию, содержащую, таким образом, 5 г субстрата в 10 мл воды, окрашивали раствором эритрозина в течение суток. 2 см^3 суспензии помещали в малую чашку Петри, разбавляли водой (до объема удобного для микроскопирования), равномерно распределяли по дну чашки и просматривали по полям зрения при увеличении Ч200 (микроскоп БИОМЕД–6ПР, Россия). Определяли видовой состав раковинных амеб, подсчитывали количество живых тестацей и пустых раковинок. В каждой пробе было подсчитано не менее 150 экземпляров. Полученные величины численности раковинок пересчитывали на 1 г абсолютно сухого субстрата. Доминирующими считали таксоны, относительное обилие которых в локальных сообществах превышало 10 % от общей численности раковинок. Все определения проводили в трехкратной повторности.

Классификацию сообществ осуществляли при помощи последовательного кластерного анализа методом среднего присоединения на основе индексов сходства Раупа – Крика для данных по присутствию-отсутствию видов и индексов Брея – Кертиса для данных по относительным обилиям видов. Расчеты проводились при помощи программы MS Excel и пакета статистических программ PAST 2.17.

Всего во всех исследованных местообитаниях нами было обнаружено 55 видов и видовых форм раковинных амеб.

По видовому богатству (рис. 2,а) локальные сообщества различаются недостоверно и находятся на одном уровне. Максимальные значения (21–23 вида) отмечены в лесном и сфагновом биотопах (точки 1–5, 9–10), минимальное (16–17 видов) – в кустарниковом (точки 6–7). Обилие раковинок достоверно выше на моховых участках (49,1–58,2 тыс. экз. / г) минимально (8,9–11,8 тыс. экз. / г) в кустарниковых биоценозах (рис. 2,б).

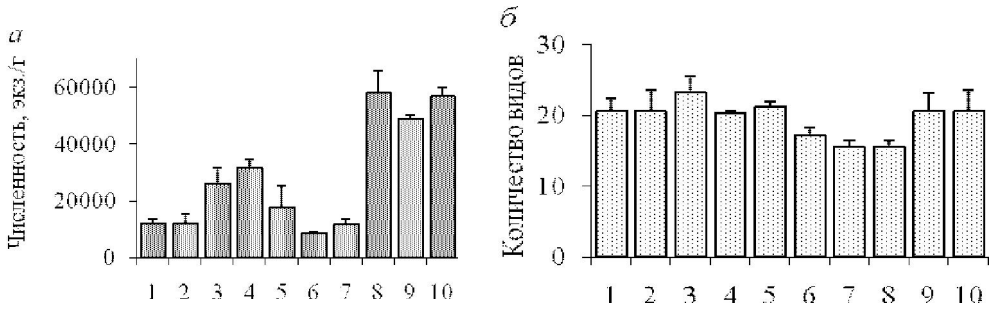


Рисунок 2 – Изменение видового богатства (а), обилия (б) сообщества раковинных амеб в разных биотопах болота Черная Река (1–10 линии трансекты)

По видовому составу все локальные сообщества объединяются в две группы (рис. 3,а). Первая, включающая в себя сообщество раковинных амеб из елово-соснового леса, кустарниковой и пушициевой парцелл (точки 1–7), образована разнообразными представителями педобионтных и эврибионтных видов, относящимся к родам *Centropyxis*, *Corythion*, *Assulina*, *Euglypha*, *Nebela*, *Phryganella*, *Trinema*, *Trygonopyxis*. Вторая группа сообществ (точки 8–10) образована представителями сфагнобионтных видов из родов *Archerella*, *Heleopera*, *Hyalospheia*, *Nebela*.

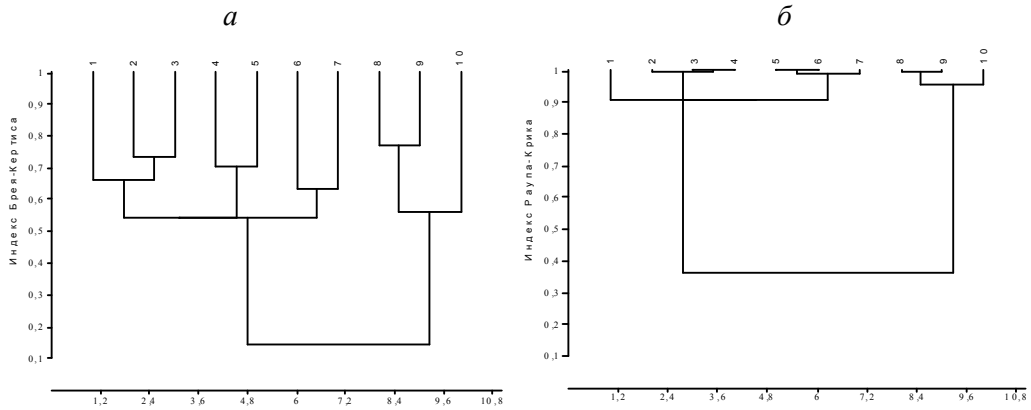


Рисунок 3 – Результаты классификации сообществ раковинных амеб по видовому составу (а) и видовой структуре (б) из разных биотопов болота Черная Река (1–10 линии трансекты)

По видовой структуре локальные сообщества разделяются сходным образом (рис. 3,б). В сфагновой сплавине преобладают сфагнофильные виды *Heleopera sphagni*, *Hyalosphenia elegans*, *Hyalosphenia papilio*, *Archerella flavum*, в остальных местообитаниях – эврибионтные и бриофильные виды *Assulina muscorum*, *Corythion dubium*, *Nebela bohemica*, *Nebela militaris*, *Nebela tincta*.

В моховых биотопах происходит увеличение обилия акростомных раковинок (64,7–85,9 %) и раковинок с двумя устьями (20,3–25,4 %), в лесных местообитаниях – акростомных (38,1–71,0 %) и плагиостомных (41,5–55,6 %) с тенденцией снижения обилия последних. В кустарниковых местообитаниях возрастает обилие циклостомных (5,4–13,6 %) и плагиостомных (14,7–41,5 %) раковинок со снижением обилия видов с акростомными (39,6–62,7 %) раковинками (рис. 4).

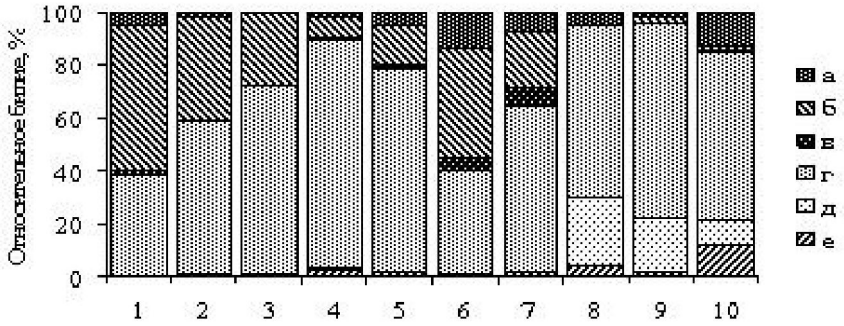


Рисунок 4 – Соотношение жизненных форм корненожек – циклостомный (а), плагиостомный (б), криптостомный (в), акростомные (г), с двумя устьями (д), арцеллоидный (е) – в разных типах биотопов (1–10 линии трансекты)

Таким образом, смена типов сообществ происходит на границе между сфагновой сплавиной и кочкарниковой частью болота. При этом условная граница проходит между сфагновой сплавиной и краевыми участками болот, которые по составу и структуре корненожек ближе к окружающим лесным биотопам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мазей Ю.А., Белякова О.И. Структура сообщества раковинных амеб в моховых биотопах малых водотоков // Поволжский экологический журнал. – 2010. – № 1. – С. 62–70.

2. Мазей Ю.А., Блинохватова Ю.В., Ембулаева Е.А. Особенности микропространственного распределения почвообитающих раковинных амеб в лесах Среднего Поволжья // Аридные экосистемы. – 2011. – Т. 17. – № 46. – С. 37–46.

3. Мазей Ю.А., Бубнова О.А. Видовой состав и структура сообщества раковинных амеб в сфагновом болоте на начальном этапе его становления // Известия РАН. – 2007. – № 6. – С. 738–747. – (Биологическая).

4. Мазей Ю.А., Бубнова О.А. Структура сообщества раковинных амеб (Testacealobosea; Testaceafilosea; Amphitremidae) в напочвенных сфагнумах смешанных лесов Среднего Поволжья // Вестник зоологии. – 2008. – № 1. – С. 41–48.

5. Мазей Ю.А., Бубнова О.А. Структура сообщества раковинных амеб в Наскафтымском моховом болоте (Среднее Поволжье, Россия) // Поволжский экологический журнал. – 2008. – № 1. – С. 39–47.

6. Мазей Ю.А., Бубнова О.А. Раковинные амебы в сфагновых биотопах заболоченных лесов // Зоологический журнал. – 2009. – Т. 88. – № 4. – С. 387–397.

7. Мазей Ю.А., Бубнова О.А., Чернышов В.А. Структура сообщества раковинных амеб (Testacealobosea; Testaceafilosea; Amphitremidae) в Чибирлейском моховом болоте (Среднее Поволжье, Россия) // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т. 11. – № 1. – С. 72–77.

8. Мазей Ю.А., Бубнова О.А., Цыганов А.Н., Чернышов В.А. Видовой состав и структурная дифференциация сообщества раковинных амеб в пределах ровной сфагновой сплавины заболачивающегося озера в северной тайге (Карелия, Россия) // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2009. – № 18. – С. 64–72.

9. Мазей Ю.А., Бубнова О.А., Цыганов А.Н., Чернышов В.А. Структура сообщества раковинных амеб в грядово-озерковом болотном комплексе северной тайги (Карелия, Россия) // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12. – № 1. – С. 99–102.

10. Мазей Ю.А., Ембулаева Е.А. Структура сообщества почвенных раковинных амеб в Островцовской лесостепи (Среднее Поволжье): эффект лесостепного градиента // Успехи современной биологии. – 2008. – Т. 128. – № 5. – С. 508–516.

11. Мазей Ю.А., Ембулаева Е.А. Изменение сообществ почвообитающих раковинных амёб вдоль лесостепного градиента в Среднем Поволжье // Аридные экосистемы. – 2009. – Т. 15. – № 37. – С. 13–23.

12. Мазей Ю.А., Ембулаева Е.А., Трулова А.С. Раковинные амебы в почвах лесостепных биогеоценозов (по материалам заповедника "Приволжская лесостепь") // Известия вузов. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013 (в печати).

13. Мазей Ю.А., Кабанов А.Н. Раковинные амебы в осоковосфагновом заболоченном лесу на севере Карелии // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2008. – № 14. – С. 101–104.

14. Мазей Ю.А., Калякин Е.А., Колесников Д.В., Видинеев Н.Е. Первые данные о раковинных амебах верховых болот бассейна реки Суры // Экологические проблемы современности : Сб. ст. Межд. науч.-практ. конф. – Пенза : МНЭПУ, 2005. – С. 28–31.

15. Мазей Ю.А., Цыганов А.Н. Изменения видовой структуры сообщества раковинных амеб вдоль средовых градиентов в сфагновом болоте, восстанавливающемся после выработки торфа // Поволжский экологический журнал. – 2007. – № 1. – С. 24–33.

16. Мазей Ю.А., Цыганов А.Н., Бубнова О.А. Видовой состав, распределение и структура сообщества раковинных амеб мохового болота в Среднем Поволжье // Зоологический журнал. – 2007. – Т. 86. – № 10. – С. 1155–1167.

17. Мазей Ю.А., Цыганов А.Н., Бубнова О.А. Структура сообщества раковинных амеб в сфагновом болоте верховий реки Суры (Среднее Поволжье) // Известия РАН. – 2007. – № 4. – С. 462–474. – (Биологическая).

18. Мазей Ю.А., Цыганов А.Н., Митяева О.А., Бабешко К.В. Раковинные амебы в сфагновых болотах (по материалам заповедника "Приволжская лесостепь") // Известия вузов. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013 (в печати).

19. Малышева Е.А., Мазей Ю.А. Особенности структуры сообществ раковинных амеб в микроэкотонах "моховая подушка – почвенная подстилка" // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2010. – № 20. – С. 51–53.

20. Малышева Е.А., Мазей Ю.А., Ермохин М.В. Структурирование сообществ раковинных амеб в разных типах граничных структур в контактной зоне "вода – суша" // Поволжский экологический журнал. – 2011. – № 4. – С. 455–468.

21. Трулова А.С., Ембулаева Е.А., Мазей Ю.А. Сезонные изменения структуры сообщества почвообитающих раковинных амеб в лесостепных биогеоценозах Среднего Поволжья // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013 (в печати).

22. Трулова А.С., Мазей Ю.А. Сезонная динамика структуры сообщества раковинных амеб в Среднем Поволжье // Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского. – 2012. – № 29. – С. 397–404.

23. Трулова А.С., Митяева О.А., Мазей Ю.А. Сезонная динамика сообщества раковинных амеб в заболоченном лесу Среднего Поволжья // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2012. – № 2. – С. 39–44.

24. Цыганов А.Н., Мазей Ю.А. Видовой состав и структура сообщества раковинных амеб заболоченного озера в Среднем Поволжье // Успехи современной биологии. – 2007. – Т. 127. – № 4. – С. 405–415.

25. Balik V. Testate amoeba community (Protozoa, Rhizopoda) in a meadow – spruce forest mesoecotone // Biologia, Bratislava. 1996. V. 51. P. 117–124.

26. Balik V. Testate amoeba community (Protozoa, Rhizopoda) in two moss – soil microecotones // Biologia, Bratislava. 1996. V. 51. P. 125–133.

27. Mazei Yu. A., Tsyganov A.N. Species composition, spatial distribution and seasonal dynamics of testate amoebae community in sphagnum bog (Middle Volga region, Russia) // Protistology. 2007. V. 5. № 2,3. P. 156–206.

УДК 591.557:599.322.2

КРАПЧАТЫЙ СУСЛИК (SPERMOPHILUS SUSLICUS GÜLD.) В ПОВОЛЖЬЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ, ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ И ВТОРИЧНАЯ КОЛОНИЗАЦИЯ[1]

© ***С.С. Бакаева***, *Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

© ***С.В. Титов***, *Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

THE SPOTTED GROUND SQUIRREL (S. SUSLICUS GÜLD.) IN THE VOLGA REGION: CURRENT CONDITION OF POPULATIONS, GENETIC POLYMORPHISM AND REPEATED COLONIZATION

© ***S.S. Backaeva***, *Penza State University (Penza, Russia)*

© ***S.V. Titov***, *Penza State University (Penza, Russia)*

Статья посвящена важной общебиологической проблеме – изучению состояния продуктивности биологического вида в ареале. В работе представлены данные о современном состоянии ареала крапчатого сусликов в Поволжье (51–56° с.ш., 42–49° в.д.), в связи с изменениями биотопических и экологических условий. При помощи молекулярно-генетических маркеров митохондриальной, ядерной и микросателлитной ДНК изучено генетическое разнообразие особей в 8 географически обособленных популяциях крапчатого суслика в восточной части ареала (Поволжье). Показано, что центральные из этих популяций характеризуются большим генетическим разнообразием и изменчивостью, а сама область их местоположения может быть признана центром морфо-генетического разнообразия этого вида в регионе.

Ключевые слова: крапчатый суслик, современное распространение, экологические причины динамики ареала, биотопическая приуроченность, депрессия численности, генетический полиморфизм популяций.

Article is devoted to an important all-biological problem - studying of a condition of efficiency of a species in an area. The current state of spotted ground squirrel in the Volga region (N 51° – 56°, E 42° – 49°) has been studied due to modern changes in biotopical and ecological conditions. By means of molecular genetic markers of mitochondrional, nuclear and microsattelite DNA genetic variety of individuals in 8 geographically isolated populations of Spotted ground squirrel in the east part of area (Volga region) has been studied. It has been shown, that central populations are described by the great genetic variety and variability, and the place, where they are arranged, could be recognized as the center of morpho-genetic diversity of this species in that region.

Key words: spotted ground squirrel, current distribution, the ecological causes of area dynamics, habitat preference, number depression, polymorphism populations.

E-mail: bakaewa.ss@yandex.ru; svtitov@yandex.ru

Суслики долгое время считались одними из основных вредителей сельского хозяйства и являлись традиционным объектом истребительных мероприятий. Не всегда способы борьбы и её масштаб были оправданы. В прошлом

[1]Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 11-04-00228а, № 12-04-97063 р_поволжье_а) и в рамках реализации ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009–2013 гг. (№ 14.B37.21.0189).

веке в черноземных областях РФ почти полностью был истреблен крапчатый суслик (*Spermophilus suslicus Güld.)* – типичный представитель фауны европейских разнотравных степей. Особо эти негативные процессы затронули Поволжье, где, несмотря на развитое сельское хозяйство, сохранились нетронутые степные ландшафты. Начиная с 80-х годов прошлого века в восточной части ареала (Поволжье) отмечается устойчивое падение численности и уменьшение числа этого вида [15]. Можно предположить, что одной из причин такой депрессии было падение генетического разнообразия в них, т.е. снижение внутрипопуляционного полиморфизма особей.

Одним из видов популяционного полиморфизма является генетическое разнообразие особей, которое представляет собой важный компонент характеристики как отдельной природной популяции, так и группы популяций или вида в целом [2]. Генетическое разнообразие особей имеет большое значение для экологической пластичности популяций и позволяет ей адаптироваться к изменяющимся во времени и пространстве условиям.

Целью исследования было определение современного распространения вида в восточной части ареала, оценка масштабов сокращения его численности и выявление экологических причин такой динамики ареала, а также изучение уровня генетического полиморфизма особей в популяциях с использованием различных по диагностическим возможностям молекулярно-генетических маркеров.

Крапчатый суслик занесен в Красные книги большинства административных субъектов Поволжского региона и Красную книгу МСОП (“IUCN Red List of Threatened Animals” – VUA 1c ver. 3.2 (1994) как уязвимый вид, сокращающий число своих популяций), что значительно повышает актуальность нашего исследования.

Материалом для работы послужили полевые сборы, произведенные в период экспедиционных выездов 2006–2012 гг. в Ульяновской, Саратовской областях, Республиках Мордовия и Чувашия. Изучение современного распространения и состояния популяций крапчатого суслика проводилось методом маршрутного учета с автомобиля. Общая протяженность маршрутов составила около 8 000 км. Всего было обследовано 105 местообитаний и было обнаружено 28 локальных поселений крапчатых сусликов.

Отлов зверьков (n = 141) производился неинвазивными методами при помощи донских ловушек (живоловок). Паспортизация сусликов включала в себя фото- и видеосъёмку особи, замер морфометрических показателей (масса и длина тела, длина хвоста и плюсны), индивидуальное мечение, взятие биопроб для молекулярно-генетического анализа.

В молекулярно-генетическом анализе были использованы выборки только из 4 географически разобщенных популяций: Батыревской (Чувашия), Тимерсянской, Смышляевской и Николаевской (Ульяновская обл.).

ДНК выделяли из образцов печени, когтевых фаланг пальцев, хранившихся в 96%-ном этаноле по хлороформ-фенольной методике [18]. Полимеразную цепную реакцию (PCR) проводили в 25 мкл реакционной смеси, содержащей 50 мМ Трис-HCl (pH 8.9), 20 мМ сульфата аммония, 20 мкМ ЭДТА,

170 мкг/мл бычьего сывороточного альбумина (BSA), смесь дезоксинуклеозидтрифосфатов (200 мкМ каждого из них), 2 мМ хлористого магния, 0,6 мкМ каждого из праймеров, 0,1-0,2 мкг ДНК и 2 ед. акт. Taq-полимеразы. Реакцию проводили для генных участков при условиях – 94 °С – 1 мин., 60 °С – 1 мин. (отжиг), 72 °С – 1-3 мин. (30 циклов), для участков микросателлитной ДНК – 94 °С – 30 с, 58-62 °С – 30 с (отжиг), 72 °С – 30 с (35 циклов).

В работе были использованы 4 молекулярно-генетических маркера: контрольный регион мтДНК (С-регион, D-loop), наследующийся только по материнской линии, маркер ядерной ДНК – интрон 6 протоонкогена p53, ответственного за апоптоз, а также 2 фрагмента микросателлитной ДНК.

В анализе были использованы разработанные нами специфические для сусликов праймеры для амплификации фрагментов мт- и я-ДНК [10], а также микросателлитной ДНК [4].

Генетическая структура популяций описывалась по 4 статическим и динамическим показателям: 1) доля аллелей в поселении, 2) уровень гетерозиготности (*Arlequin* ver. 3.1; 1995-2006), 3) соответствие наблюдаемого соотношения генотипов с теоретически ожидаемым (соотношение Харди – Вайндберга, χ^2-тест), 4) частота митотипов ДНК. Достоверность различий параметрических показателей оценивалась по критерию Стьюдента при пороговом значении $p < 0,05$, а непараметрических – с помощью χ^2-теста. При обработке многомерных показателей был использован пакет программ Statistica for Windows.

Первые упоминания об обитании S. suslicus в Поволжье мы находим у М.Н. Богданова [6] и Б.М. Житкова [11]. По их данным, зверек встречался в Саратовской, Пензенской и Сибирской губерниях повсеместно и имел довольно высокую численность. Изучение исторического распространения крапчатого суслика в Поволжье было продолжено только в 30-60-х гг. XX в. [3, 5, 12, 17]. При этом отмечалось увеличение встречаемости и численности зверька в регионе с севера на юг. Однако В.А. Попов [12] отмечает, что с 1948 по 1956 г. на территории Татарии наблюдалось значительное снижение численности S. suslicus, а местами полное исчезновение поселений, имевших в прошлом высокую плотность. По мнению Ю.Т. Артемьева [3], в 1964–1965 гг. на территории Волжско-Камского края наблюдалась очередная депрессия численности *S. suslicus*.

Сведения о распространении крапчатого суслика в 30-80 гг. XX века на территориях республики Мордовии, Чувашской республики, Рязанской, Пензенской и Саратовской областей практически отсутствуют или представляют собой лишь краткие упоминания в региональных сводках по териофауне [7–9]. И.Б. Абрахина [1] по Ульяновской обл. и Т.Г. Стойко с соавторами [13] по Пензенской обл. отмечают значительное сокращение численности этого грызуна. По мнению авторов, основными причинами таких изменений были суровая малоснежная зима 1979 г., в результате которой большая часть колоний грызуна “вымерзла”, и усиление антропогенного воздействия на степные сообщества лесостепной зоны.

После 90-х годов XX века в регионе наблюдается мозаичное распространение крапчатого суслика [14, 15]. На обследованной территории (194,2 тыс. км^2) были обнаружены 24 географически обособленные популяции *S. suslicus*. Начиная с 2000 г. в Поволжье отмечается устойчивое падение численности и уменьшение общего количества поселений крапчатого суслика при усилении мозаичности распространения этого вида в регионе – 105 обнаруженных тогда поселений *S. suslicus* были объединены в 22 изолированные популяции.

Падение численности *S. suslicus* продолжается и в настоящее время. По результатам исследований, проведенных в 2008–2009 гг., было обнаружено только 28 поселений крапчатого суслика, по сравнению с 105, выявленных в 90-е годы. При этом плотность поселений нигде не превышала 5 ос/га, а в некоторых регионах Поволжья *S. suslicus* не был обнаружен совсем (Татарстан, Пензенская, Саратовская и Тамбовская обл.). Так, например, для уточнения современного распространения крапчатого суслика в Пензенской обл. в 2006–2008 гг. были проведены исследования западных и юго-западных районов края. Была обследована 31 точка былого обитания крапчатого суслика, и ни в одной из них поселений крапчатого суслика обнаружено не было.

В ходе учетов, проведенных в 2010–2012 гг. в Ульяновской области было выявлено 5 новых поселений на площадках, где ранее фиксировались поселения большого суслика (*Spermophilus major*) или степного сурка (*Marmota bobak*), считавшихся непригодными для обитания крапчатого суслика [14]. В связи с этим фактом вполне возможен вариант постепенного восстановления крапчатым сусликом былой численности и ареала в целом, но уже с новой мозаикой, совпадающей с таковой для ареала большого суслика.

Анализ митохондриальной ДНК у особей из 8 проанализированных популяций выявил мономорфность всех их по молекулярно-генетическому маркеру. Был выявлен митотип D1, характерный для крапчатых сусликов в Поволжье [10].

При анализе 6 интрона ядерного гена p53 были обнаружены 2 различные по массе аллели этого гена. Разница в весах аллельных фрагментов обуславливается различной длиной ID-повтора (поли Т-хвоста). Анализ частот генотипов по двум аллелям p53 показал, что в 3 из 4 популяций отсутствуют гомозиготы по аллели s2. При сравнении популяций достоверные различия были выявлены по всем парам сравнения, кроме пары Тимерсяны – Батырево, что, возможно, связано с равной частотой встречи в популяции гомозигот s1/s1, а также некоторой географической близостью этих популяций. При сравнении наблюдаемых и ожидаемых частот генотипов p53 не было выявлено достоверных различий между ними ни в одной из популяций. Это указывает на прохождение в этих популяциях автономных генетических процессов в соответствии с законом Харди – Вайнберга. Однако, не смотря на это, есть негативные факты, указывающие на нестабильность и дефективность генетической структуры популяций крапчатого суслика. Это, например, сильная генетическая однородность населения в

пределах популяций и достоверно значимые различия географических популяций, свидетельствующие об их сильной изоляции.

Анализ микросателлитной ДНК по 2 маркерам (STR 1, ST 7) показал, что в 4 популяциях были обнаружены, соответсвенно, 14 и 8 аллелей, отличающихся количеством повторяющихся микросателлитных последовательностей (GAAA и AGGG), а число зафиксированных в популяциях аллелей колеблется от 3 до 11. При этом есть специфические аллели, встречающиеся только в одной популяции, аллели, встречающиеся в двух популяциях и неспецифические, отмеченные во всех проанализированных популяциях. При сравнении популяций по частотам генотипов, так же как и в случае с p53, достоверные различия были выявлены по всем парам сравнения, кроме пары популяций Тимерсяны – Батырево. Анализ внутренних автономных генетических процессов по микросателлитным маркерам показал, что в южных популяциях крапчатого суслика налицо действие деструктивных процессов, проявляющееся в несоответствии наблюдаемых и ожидаемых частот генотипов. В северных же популяциях такой ситуации не отмечено.

Таким образом, анализ генетической структуры популяций по микросателлитным маркерам ДНК свидетельствует, что внутренние автономные генетические процессы идут в соответствии с теоретически ожидаемыми тенденциями только в северных популяциях. На первый взгляд это кажется не совсем понятным, поскольку, напротив, именно в южных популяциях наблюдалась наиболее высокая численность. Однако при изучении годовой динамики численности в этих поселениях становится ясным, что даже такая высокая устойчивость популяции, связанная с генетическим разнообразием, не способна сохранить популяцию при падении численности ниже эффективного ее уровня. Как показывают исследования, критическая плотность для крапчатого суслика в Поволжье составляет 0,15 ос/га [16]. Падение численности ниже этого уровня, как правило, ведет к исчезновению поселений.

В целом, генетические исследования популяций S. suslicus указывают на депрессивное состояние популяций крапчатого суслика в восточной части ареала. Снижение численности *S. suslicus* обусловлено не только холодными и малоснежными зимами, приводящими к глубокому промерзанию почв (до 1,5 м – 2004, 2006 гг.), но и деградацией степных биотопов и зарастанием высоким травостоем пастбищных угодий в связи с уменьшением поголовья скота. Ещё одной косвенной причиной депрессии численности *S. suslicus* послужил подъём уровня грунтовых вод, отмечаемый на территории многих регионов Поволжья. Это явление ведёт к мезофитизации степных растительных сообществ – главным образом, зарастанию их рыхлокустными однолетними злаками (например, костром береговым, *Bromopsis riparius Rehm.*). Эти обстоятельства препятствовали и без того медленному по природе восстановлению численности вида. В условиях высокого травостоя затрудняется не только визуальный контакт конспецификов, но и обнаружение воздушных и наземных хищников. По опросам местных жителей установлен также факт прямого истребления сусликов людьми.

В то же время центральные популяции крапчатого суслика характеризуются более высоким генетическим разнообразием, а сама область их местоположения может быть признана центром генетического разнообразия этого вида. Такая зона (Ульяновская обл.) повышенной генетической гетерогенности популяций является областью переживания видом неблагоприятных условий. Об этом свидетельствуют данные (2010–2012 гг.), указывающие на постепенное повышение численности сусликов в этих популяциях и возникновение новых, но уже в местах обитания более “успешного” симпатрического вида сусликов *Spermophilus major* (вторичная колонизация области былого обитания).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрахина И.Б. Влияние распашки угодий на численность и размещение наземных беличьих в Ульяновской области // Тез. Всесоюзн. совещания "Влияние антропогенной трансформации ландшафта на население наземных позвоночных животных". – М. : ИМЕЖ, 1987. – Ч. 1. – С. 308-310.

2. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. – М. : Академкнига, 2003. – 431 с.

3. Артемьев Ю.Т. Эколого-морфологический очерк сусликов Волжско-Камского края : Автореф. дис. ...канд. биол. наук. – Казань, 1966. – 24 с.

4. Бакаева С.С., Титов С.В. Полиморфизм популяций крапчатого суслика (Spermophilus suslicus Güld.) в восточной части ареала: предварительные молекулярно-генетические данные // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – Пенза, 2012. – № 29. – С. 185-189.

5. Башкиров И.С., Григорьев Н.Д. Очерк охотничьего промысла Татарии. Работы В.-К. биостанции. – Казань, 1931. – Вып. 1.

6. Богданов М.Н. Птицы и звери черноземной полосы Поволжья и долины средней и нижней Волги // Труды общ-ва естествоиспытателей при Казанском университете. – 1871. – Т. 1.

7. Володин А.А. Границы ареалов некоторых грызунов в Рязанской области // Матер. IV Межвузовского совещ. по районированию для сельск. хозяйства. – М. : МГУ, 1963. – С. 51-53.

8. Гурылева Г.М. Экологические зональные комплексы млекопитающих Ульяновской, Пензенской и Правобережья Саратовской области // Вопросы биогеографии Среднего и Нижнего Поволжья. – Саратов : Изд-во СГУ, 1968. – С. 259–266.

9. Елпатьевский В.С., Ларина Н.И., Голикова С.Л. Млекопитающие Саратовской области // Уч. записки СГУ. Вып. биолог. – Саратов, 1950. – Т. 26. – С. 59–65.

10. Ермаков О.А. Изучение гибридизации четырех видов сусликов (Spermophilus: Rodentia, Sciuridae) молекулярно-генетическими методами / Ермаков О.А., Сурин В.Л., Титов С.В. [и др.] // Генетика. – Т. 38. – № 7. – 2002. – С. 950–964.

11. Житков Б.М. Материалы по фауне млекопитающих Симбирской губернии // Известия Императорского общ-ва любителей естествознания, антропологии и этнографии. – 1989. – Т. 86 (LXXXVI). – С. 1–3; 10–12.

12. Попов В.А. Млекопитающие Волжско-Камского края (насекомоядные, рукокрылые, грызуны). – Казань, 1960. – 468 с.

13. Стойко Т.Г., Денисов В.П., Гудков А.С. Крапчатый суслик как индикатор антропогенного воздействия на степные сообщества лесостепной зоны // Материалы V совещ. по грызунам. – М., 1980. – С. 447–449.

14. Титов С.В. Взаимоотношения крапчатого и большого сусликов в недавно возникшей зоне симпатрии : Автореф. дисс. ...канд. биол. наук. – М., 1999. – 24 с.

15. Титов С.В. Современное распространение и изменение численности крапчатого суслика в восточной части ареала // Зоол. журн. – 2001. – Т. 80. – № 2. – С. 230–235.

16. Титов С.В., Бакаева С.С. Современное состояние популяций крапчатого суслика (Spermophilus suslicus Güld., 1770) в восточной части ареала: популяционные и молекулярно-генетические данные // Современные проблемы зоо- и филогеографии млекопитающих: Мат. конф. (Пенза, 15–20 мая 2009 г.). – М. : ТНИ КМК, 2009. – С. 99.

17. Тихвинский В.Н., Соснина В.С. Опыт исследования экологии крапчатого суслика методом экологических индикаторов // Вопросы экологии и биоценологии. – Ленинград, 1939. – Вып. 7.

18. Arrigi F.E., Bergendahl G., Mandel M. Isolation and characterization of DNA from fixed cells and tissues // Exp. Cell. Res. № 50. 1968. P. 47–53.

УДК 630*+908.470.40

ОЦЕНКА РОСТА И ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ АХУНСКОГО ДЕНДРОПАРКА

© ***Н.И. Остробородова***, *Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)*

© ***О.И. Уланова***, *Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)*

EVALUATION OF GROWTH AND LIFE OF WOODY PLANTS AHUNSKOGO DENDROPARKS

© ***N.I. Ostroborodova***, *Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)*

© ***O.I. Ulanova***, *Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)*

Проведена оценка видового разнообразия дендрологической составляющей и состояния Ахунского дендрария с целью подбора ассортимента древесно-кустарниковой растительности для использования в зелёном строительстве в условиях области.

Ключевые слова: дендропарк, интродукция, интродуценты, древесные насаждения, лесное хозяйство, оценка перспективности.

The estimation of species diversity dendrological component and state Ahunskogo arboretum in order to select the assortment of trees and shrubs for use in green building in the area.

Key words: arboretum, introduction, introduced plants, tree planting, forestry, assessment of the prospects.

E-mail: natasha_1002@mail.ru

В настоящее время зеленые насаждения в условиях городской среды являются одним из эффективных средств повышения комфортности и качества среды жизни городского населения [8]. Являются частью природного комплекса, регулирующего основные биофизические процессы, происходящие в атмосфере, почве, воссоздают естественные условия среды, способствуют сохранению естественной растительности в городе, а непрерывно идущая интродукционная деятельность обогащает её представителями инорайонной флоры, поддерживая таким образом феномен высокого биоразнообразия в городе, что в наше время считается особо важным показателем [3].

Еще одним достоинством садов, парков, скверов является поддержание высокого эстетического уровня природного ландшафта. Без зелёных насаждений происходит отмирание важнейших элементов духовного потенциала человека, подавляется гуманитарная составляющая менталитета горожанина. И, наконец, наличие в промышленном центре парков, скверов, садов позволяет обогатить образовательную сферу человека знанием о богатстве растительных форм, даёт представление о разнообразии мира, расширяет кругозор. Общение с природой обогащает и облагораживает человека [3].

Общая площадь лесов Пензенской области составляет свыше 1,0 млн. га. Площадь земель лесного фонда 972,1 тыс. га, из них 55 % относится к защитным лесам и 45 % – к эксплуатационным. Общая площадь особо охраняемых территорий составляет – 16,6 тыс. га, из них 8,3 тыс. га – площадь особо охраняемых территорий регионального значения. Здесь определены 78 памятников природы, среди которых: 5 родников, 15 озер и болот, 20 степных участков, 29 лесных наделов, 4 дендрологических (Ахунский дендропарк, Морозовский дендрарий, дендроучасток Барабановского лесничества и дендроучасток в поселке Сура) и 5 культурно-исторических участков (Голицинский лесопарк, Куракинский, Зубриловский, Белокаменский парки, Оболенский сад) [5–7].

Парки, заложенные в 18–19 веках, являются не только местами произрастания редких видов растений, но и памятниками садово-паркового искусства, созданными на основе естественных дубрав. Особо охраняемые природные территории поддерживают ландшафтное и биологическое разнообразие. Располагаясь в черте города Пензы, Ахунский дендропарк является уникальным объектом. Деревья и кустарники, произрастающие в нем, прошли акклиматизацию, они плодоносят и образуют подрост, и могут быть использованы для сбора семян. В своё время решением Пензенского облисполкома за № 329 от 24.05.1983 года дендрологическому парку придан статус памятника природы, в настоящее время Ахунский дендропарк входит в состав городских лесов [4, 9, 10].

Основной задачей исследований явилась оценка видового разнообразия дендрологической составляющей и состояние Ахунского дендрария с

целью подбора ассортимента древесно-кустарниковой растительности для использования в зелёном строительстве в условиях области.

Объектом исследования служили древесные и кустарниковые насаждения, произрастающие в Ахунском дендропарке бессистемно в виде отдельных экземпляров, групп, куртин и целых видов [9].

Ахунский дендропарк был организован Филимоном Александровичем Лабурцевым на базе лесного питомника Засурского лесничества, ранее бывшего Засурско-Селиксенской казенной дачей, считавшейся одной из лучших в русском государстве в 1909–1912 годах. На сегодняшний день площадь дендропарка составляет 14,7 га [1, 2, 4].

При обследовании древесно-кустарниковой растительности Ахунского дендропарка были исследованы типы условий местопроизрастания, изучен состав древесных растений и их состояние, проведены таксационные измерения по общепринятым методикам. Преобладающим типом лесорастительных условий является сосняк снытьево-разнотравный (Сснрт), на долю которого приходится 62 % площади парка. Эти условия соответствуют типу леса С2 (табл. 1). Среди экзотов в значительном количестве произрастают лесные виды естественного и искусственного происхождения.

По последним данным инвентаризационных работ, проведенных измерительным методом, и историческим сведениям, собранным И.С. Антоновым, выявлено, что в дендропарке произрастают сосна Веймутова, пихта сибирская, сосна Банкса, кедр сибирский и корейский, лиственница сибирская, яблоня ягодная, чубушник венечный, клен Гиннала, свидина кровавокрасная, ольха серая рассеченолистная, дуб скальный, орех маньчжурский, ясень ланцетолистный, вяз гладкий, тополь канадский, бархат амурский, аморфа белая и другие интродуценты.

Таблица 1 – Типы лесорастительных условий Ахунского дендропарка

Тип лесорастительных условий	Тип леса	Площадь, га	%
Сосняк снытьево-разнотравный (Сснрт)	С2	7,76	62
Сосняк липняковый (Слп)	С2	4,02	32
Сосняк разнотравный (Срт)	С2	0,75	6
Итого:		12,53	100

Наиболее ценными из них являются хвойные породы, их таксационные показатели приведены в таблице 2 [7, 9].

Таблица 2 – Таксационные показатели хвойных пород деревьев Ахунского дендропарка

Порода деревьев	Hср, м	Dср, см	Dmax, см	N, шт.	$V_{ст}$, $м^3$
Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*)	31,22	36,8	67,0	1735	1,402
Лиственница сибирская (*Larix sibirica*)	30,93	32,1	60,0	560	1,237
Ель обыкновенная (*Picea abies*)	28,11	32,8	40,0	265	1,262

Окончание таблицы 2

Порода деревьев	Hср, м	Dср, см	Dmax, см	N, шт.	$V_{ст}$, $м^3$
Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*)	31,22	36,8	67,0	1735	1,402
Лиственница сибирская (*Larix sibirica*)	30,93	32,1	60,0	560	1,237
Ель обыкновенная (*Picea abies*)	28,11	32,8	40,0	265	1,262
Сосна Веймутова (*Pinus strobus*)	26,21	33,1	67,0	57	0,839
Кедр корейский *Pinus koraiensis*	15,75	19,3	22,0	11	0,315
Кедр сибирский (*Pinus sibirica*)	23,54	28,5	41,0	4	1,416
Пихта сибирская (*Abies sibirica*)	5,81	7,5	15,0	4	0,020
Сосна Банкса (*Pinus banksiana*)	28,52	36,0	36,0	3	1,277
Лиственница европейская (*Larix decidua*)	33,0	63,0	63,0	1	3,536

По результатам обследования было выявлено 7 видов дальневосточного и 3 вида североамериканского происхождения, произрастающих в дендропарке (табл. 3). Жизненные формы представленных видов различны, из них 8 видов представлены деревьями, 1 вид дерево-кустарник (клен приречный), вид кустарника (акация желтая).

Таблица 3 – Видовой состав деревьев и кустарников Ахунского дендропарка

Семейство	Род	Количество видов		
		деревья	деревья и кустарники	кустарники
Бобовые (*Fabaceae*)	Карагана (*Caragana*)			37
Кленовые (*Aceraceae*)	Клен (*Acer*)	22		
Розоцветные (Rosaceae)	Яблоня (*Malus)*	13		
	Рябина (*Sorbus*)	419		
Рутовые (*Rutaceae*)	Феллодендрон (*Phelodendron*)		41	
Ореховые (*Juglandaceae*)	Орех (*Juglans*)	69		
Сосновые (*Pinaceae*)	Сосна (*Pinus*)	68		
	Лиственница (*Larix*)	440		
Итого		1031	41	37

Согласно методике исследований, у данных видов замерялись биометрические показатели, по результатам которых были получены следующие данные (табл. 4).

Таблица 4 – Средние биометрические показатели древесных растений

№	Название видов	Кол-во, шт.	Высота Н, м	Средний диаметр, см	Проекция кроны		Высота до начала живой кроны, м
					С-Ю	З-В	
1	Орех маньчжурский	69	12,2	12,2	2,6	2,4	0,6
2	Бархат амурский	22	11,8	13,6	8,5	7,5	3,2
3	Клен приречный	41	8,5	9,0	9,1	7,6	1,9
4	Карагана древовидная	37	3,5	3,6	16,5	11,2	2,4
5	Яблоня ягодная	13	8,1	10,5	1,7	1,8	0,6
6	Рябина обыкновенная	419	5,29	5,27	4,1	3,8	1,7
7	Сосна веймутова	54	22,0	37,8	5,1	4,4	4,1
8	Лиственница сибирская	440	29,4	42,6	11,9	13,0	2,1
9	Сосна Банкса	3	28,5	36,0	18,5	16,4	3,2
10	Кедр корейский	11	15	19	15,0	14,1	3,1

Максимальной высотой среди деревьев обладают хвойные насаждения, хорошо адаптированные к нашим условиям местопроизрастания, минимальной высотой характеризовалась рябина обыкновенная – 5,29 м, которая угнетается другими породами, ввиду обилия посадок и недостаточной освещенности. Средний диаметр у изучаемых деревьев колебался от 10,5 до 42,6 см.

На территории дендропарка под пологом деревьев и кустарников произрастают сорные травянистые растения, представленные снытью, крапивой, разнотравьем. Травянистый покров вытоптан до 50 процентов.

При сравнении таксационных показателей древесных растений на родине и в условиях интродукции оказалось, что такие растения, как сосна Веймутова, лиственница сибирская, сосна Банкса показывают себя в условиях дендропарка как очень ценные экземпляры и хорошо себя зарекомендовали, другие – бархат амурский, клен приречный и орех маньчжурский – выглядят не самым лучшим образом (табл. 5).

Таблица 5 – Основные данные об интродуцированных видах

Название вида	Жизненная форма на родине / в культуре	Высота, м на родине / в культуре	Диаметр, см на родине / в культуре	Состояние
Карагана древовидная (*Caragana arborescens*)	К1/К2	7/3,8	15/3,6	плодоносит
Клен приречный (*Acer ginnala*)	ДК2/ДК3	8/3	10/6	плодоносит
Орех маньчжурский (*Juglans mandshurica*)	Д2/Д3	25/12,2	100/21	плодоносит

Окончание таблицы 5

Название вида	Жизненная форма на родине / в культуре	Высота, м на родине / в культуре	Диаметр, см на родине / в культуре	Состояние
Лиственница сибирская (*Larix sibirica*)	Д1/Д2	40/29,4	100/42,6	плодоносит
Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuracia*)	Д4/Д4	17/5,3	25/5,3	плодоносит
Яблоня ягодная (*Malus boccata*)	Д3/Д4	15/8,1	20/10,5	плодоносит
Бархат амурский (*Phellodendron amurense*)	Д1/Д4	25/11,8	50/13,6	плодоносит
Сосна Веймутова (*Pinus strobes*)	Д1/Д2	50/22	150/37,8	плодоносит
Сосна Банкса (*Pinus banksiana*)	Д2/Д2	25/28,5	50/42,6	плодоносит
Кедр Корейский (*Pinus koraiensis*)	Д1/Д3	40/15	150/19	цветет

В целом биометрические показатели и жизненные формы растений дальневосточной и североамериканской флоры отличаются незначительно от своей жизненной формы в естественном ареале, а некоторые виды, такие как сосна Банкса даже и превосходят, что говорит о пригодности использования и распространения их в культуре в условиях области.

По результатам визуального обследования все представленные виды дальневосточной и североамериканской флоры имели достаточно высокие суммарные показатели жизнеспособности и относятся к I и II группе перспективности, за исключением бархата амурского и кедра корейского (табл. 6).

Таблица 6 – Характеристика экзотов древесных пород

Название древесных пород	Балльная оценка показателей жизнеспособности							Общая оценка	
	зимостойкость	одревеснение побегов	сохранение формы роста	побегообразование	прирост в высоту	генеративное развитие	возможные способы размножения в культуре	сумма баллов жизнеспособности	группа перспективности
Орех маньчжурский	20	20	10	3	5	25	7	90	II
Рябина обыкновенная	25	20	10	5	5	25	7	97	I
Бархат амурский	15	15	10	1	5	25	7	78	III
Яблоня ягодная	25	20	10	5	5	25	7	97	I
Карагана древовидная	25	20	10	5	5	25	7	97	I
Клен приречный	20	15	10	5	5	25	7	87	II
Лиственница сибирская	25	20	10	5	5	25	10	100	I
Сосна Веймутова	20	20	10	5	5	25	7	90	II
Сосна Банкса	20	20	10	5	5	25	5	88	II
Кедр корейский	15	20	10	3	5	15	5	73	III

К I группе перспективности относятся виды с суммой баллов жизнеспособности от 97 до 100 и включают в себя 4 представителя, это группа вполне перспективных интродуцентов, отличающихся хорошей зимостойкостью и одревеснением побегов. В ходе вегетационного периода отмечается сохранность жизненной формы растений. Кроме того, эти растения отличаются хорошим побегообразованием, у таких видов (караганы древовидной, яблони ягодной и др.) хорошо отрастает и формируется крона после ее обрезки. Деревья I группы жизнеспособности не нуждаются в ежегодных уходных работах, для них достаточно в течение 2–3 лет одноразового комплексного внесения минеральных удобрений.

Во II группу – группу перспективных видов – относятся те виды растений, сумма баллов которых от 83 до 90 – это клен приречный, орех маньчжурский, сосна Веймутова и сосна Банкса. Для них характерным является одревеснение побегов до 75 %, вследствие чего происходит подмерзание однолетних побегов свыше 50 %, а в отдельные годы даже и 100 % их длины. Такое явление можно наблюдать у ореха маньчжурского. В большей степени подмерзание побегов сказывается и на побегообразовательной способности этих растений, они требуют ежегодного комплексного внесения минеральных удобрений и физиологически активных веществ, стимулирующих рост корневой системы.

Растения яблони ягодной и кедра корейского по сумме баллов жизнеспособности были отнесены к III группе перспективных видов, они нуждаются в интенсивном регулярном уходе, в ежегодном внесении минеральных удобрений в сочетании с двукратным применением регуляторов роста и внекорневых подкормок.

В целом все растения-интродуценты проходят полный фенологический цикл развития, что следует из сроков начала и окончания вегетационного периода, регулярного ежегодного прироста в высоту и вызреваемости плодов, а также из их достаточно высоких показателей жизнеспособности.

Таким образом, изученные нами виды деревьев и кустарников имеют большие перспективы использования в озеленении, полезащитном лесоразведении области, могут создаваться в живых изгородях в группах и одиночно. Дендропарк, выполняя неоценимую биофизическую, санитарно-гигиеническую и средорегулирующую функции, представляет большую ценность как объект научного значения, что и подчеркивает необходимость его сохранения для будущих поколений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов И.С. Засурское лесничество // Из истории области. Очерки краеведов. – Вып. 4. – Пенза, 1993. – С. 135–148.

2. Антонов И.С. Ахуны: история и современность / И.С. Антонов, В.М. Дейцев. – Пенза : Печатный Двор. Частная типография Тугушева С.Ю., 2004. – 97 с.

3. Власенко В.Э. Дендропарк-выставка как рефугиум живой природы города Екатеринбурга / В.Э. Власенко, Л.М. Дорофеева, С.В. Яковлева // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 1 (67). – С. 66–69.

4. Володькин А.А. Ахунский дендропарк – уникальный памятник природы / А.А. Володькин, О.А. Володькина // Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России : Сб. ст. VIII Междун. науч.-практич. конференции. – Пенза : РИО ПГСХА, 2010. – С. 26–29.

5. Министерство лесного, охотничьего хозяйства и природопользования Пензенской области. Официальный сайт. uprles.pnzreg.ru

6. Остробородова Н.И. Ахунский дендропарк и проблемы его рекреационного использования / Н.И. Остробородова, А.А. Володькин // Нива Поволжья. – 2011. – № 3(20). – С. 95–100.

7. Остробородова Н.И., Уланова О.И. Эколого-биологические особенности древесных растений при интродукции в Ахунском дендропарке Пензенской области // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – Пенза : ПГТА, 2012. – № 02(06). – С. 27–30.

8. Полякова Е.В. Особенности развития и жизнеспособность древесных растений в условиях городской среды: на примере г. Владивостока : Автореф. дисс. ...канд. биол. наук: 02.00.08 / Е.В. Полякова. – Владивосток, 2004.

9. Рабочий проект: инвентаризации и благоустройства Ахунского дендропарка. Том 1. Пояснительная записка. – Пенза, 2003. – 45 с.

10. Рабочий проект: инвентаризации и благоустройства Ахунского дендропарка. Том II. Рабочая документация. Книга 1. Поквартальная инвентаризация дендропарка. – Пенза, 2003. – 118 с.

УДК 598.28/.29: 591.512.2

СРАВНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ У ВАРАКУШКИ *LUSCINIA SVECICA* И КАМЫШОВОЙ ОВСЯНКИ *EMBERIZA SCHOENICLUS* НА ОСЕННИХ МИГРАЦИОННЫХ ОСТАНОВКАХ В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ[2]

© ***И.Н. Панов***, *Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН* (*г. Москва, Россия*)

© ***С.Е. Пономарёв***, *Пензенский государственный университет* (*г. Пенза, Россия*)

COMPARISON OF HOME RANGE IN BLUETHROAT *LUSCINIA SVECICA* AND IN REED BUNTING *EMBERIZA SCHOENICLUS* AT AUTUMN MIGRATORY STOPOVERS IN THE NORTHERN TAIGA

© ***I.N. Panov***, *A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution (Moscow, Russia)*

© ***S.E Ponomarev***, *Penza State University (Penza, Russia)*

На основании данных повторных отловов окольцованных птиц оценивали размеры индивидуальных участков на осенних миграционных остановках в северной тайге у варакушки и камышовой овсянки (ночного и дневного мигранта, соответственно). Распределение дальностей перемещений птиц сравнивали с нулевой моделью (распределением расстояний между всеми возможными парами сетей на стационаре). Камышовые овсянки не занимают индивидуальных участков в пределах территории отлова и иногда посещают соседние выделы подходящих биотопов, перемещаясь на несколько километров. Варакушки в 1–2-й дни миграционной остановки перемещаются хаотично, а с 3-го дня занимают индивидуальные участки размером менее 15 га. Причиной различий в поведении могут быть как разная степень неоднородности территории для двух этих видов, так и различия в миграционных стратегиях ночного и дневного мигранта.

Ключевые слова: варакушка, камышовая овсянка, индивидуальные участки на миграционных остановках, ночные и дневные мигранты, северная тайга.

On the basis of the data of bird ringing and recapture we estimated the size of home range at autumn migratory stopovers in northern taiga in Bluethroat and in Reed Buntings, a nocturnal and a diurnal migrant, respectively. The distribution of the distances of movements of the individuals was compared with neutral model (distribution of all of the distances between the mist-nets at the field station). Reed Buntings do not occupy individual areas within the area covered with nets and visit neighboring “islands” of suitable biotopes, moving at a few km. Bluethroats in 1–2 days of stopover moved chaotically, and with the 3rd day occupy individual areas of a size less than 15 hectares. The reason for differences in behavior may be as a different degree of biotope heterogeneity for the two species, and differences in the migration strategies of nocturnal and diurnal migrants.

Key worlds: Bluethroat, Reed Bunting, home range at migratory stopovers, nocturnal and diurnal migrants, northern taiga.

E-mail: kuksha@yandex.ru

[2]Благодарности. Авторы выражают искреннюю признательность Л. Кочетковой, Ю. Быкову и П. Яматину, помогавшим кольцевать птиц в 2010 г. Работа стационара в дер. Черная Река была бы невозможна без многолетней поддержки со стороны проф. И.В. Бурковского. Авторы также благодарны Н.С. Чернецову за содействие в освоении методов работы с данными.

Миграция птиц состоит из бросков (полета) и миграционных остановок. Остановки признаются не менее важной составной частью миграции [8, 16], поскольку именно здесь птицы пополняют энергетические запасы. Территориально-ориентированное поведение птиц [2] на миграционных остановках относится к важным элементам их миграционной стратегии. Для эффективного жиронакопления мигрирующим птицам необходимо не только быстро и правильно выбрать биотоп для остановки, но и минимизировать затраты энергии в процессе его использования. Для птиц оптимально потратить на остановку достаточный для накопления энергетических запасов минимум времени при минимуме перемещений. При этом территориально-ориентированное поведение может зависеть как от специфики миграционной стратегии вида, так и от характеристик территории, на которой птицам приходится останавливаться (ее однородности и качества биотопов). Ночные мигранты экономят время, предпринимая броски ночью, но не всегда могут оценивать биотоп напрямую (визуально) при приземлении, и им какое-то время приходится перемещаться в поисках оптимального участка для остановки. Очевидно, что ландшафтная мозаика и степень биотопического разнообразия территории может влиять на время поиска подходящего биотопа и на распределение птиц в дальнейшем.

Цель настоящей работы – сравнить широту перемещений и размеры индивидуальных участков у двух массовых видов птиц из группы ночных (варакушка) и дневных (камышовая овсянка) мигрантов в период осенней миграции в северной тайге восточной части Фенноскандии. Считается, что перемещения ночных мигрантов на миграционной остановке носят преимущественно кормовой характер и их направленность в целом не зависит от общего направления миграции [8]. При этом разные виды в разных условиях либо занимают индивидуальные участки, либо широко перемещаются [8, 10, 11, 14, 15 и др.]. Территориально-ориентированное поведение дневных мигрантов изучено слабо (из-за трудностей в проведении границы между их перемещениями на миграционной остановке и непосредственно миграционными бросками). Мы проверяли гипотезу, что виды, использующие разные стратегии миграции (ночные и дневные мигранты), могут различаться в специфике территориально-ориентированного поведения. Особенности ландшафтного рисунка района исследований способствовали проверке данной гипотезы, поскольку бульшую часть территории здесь занимают таежные комплексы или болота, малопригодные для остановок обоих модельных видов. Поэтому перемещения птиц, не связанные с миграционными бросками, происходят преимущественно в пределах очень ограниченных участков интразональных и природно-антропогенных комплексов, которые для этих видов представляют собой своего рода “экологические острова” или “оазисы” [6, 7].

Птиц отлавливали в дер. Черная Река (66°31' с.ш., 32°55' в.д.) паутинными сетями, которые были расставлены на территории площадью около 15 га во всех основных биотопах ландшафтного комплекса, связанного с деревней [4]. Общая площадь окруженного тайгой природно-антропоген-

ного выдела здесь не превышает 1 кмI. Расстояние до ближайших населенных пунктов составляет 11–12 км, до крупных выделов природных интразональных ландшафтов (приморских лугов) – 2–3 км. Прижизненную обработку птиц и определение стадии линьки проводили по стандартным методикам [1, 3]. После обработки птиц кольцевали и выпускали неизменно в одном и том же месте. Материалом для работы послужили данные, полученные в 2010 г., когда отлов вели с 8.08 по 21.09. Рассматривали только птиц, отнесенных к пролетным группировкам (по стадии линьки и дате отлова, подробнее см. [13]). Массовый пролет варакушки начался 18.08 и завершился 16.09. Из 672 окольцованных пролетных варакушек хотя бы раз повторно попадались 316 особей (в общей сложности 571 отлов). Пролетные камышовые овсянки в массе начали отлавливаться 20.08, пик пролета пришелся на первую декаду сентября, овсянки присутствовали в отловах вплоть до завершения работ. Из 852 пролетных овсянок повторно отловлено 189 особей (всего 240 отловов).

Для оценки размеров индивидуальных участков использовали метод, разработанный Н.В. Титовым и Н.С. Чернецовым [12, 15] для обработки данных кольцевания на стационарах с паутинными сетями. Суть метода состоит в сравнении перемещений птиц (т.е. расстояний между точками следующих друг за другом отловов) с нейтральной (нулевой) моделью – выборкой расстояний между всеми возможными парами сетей на стационаре. Нулевая модель представляет собой такое распределение расстояний, как если бы отловы на стационаре происходили случайным образом (беспорядочно). Для результатов, полученных у варакушки, применяли также поправку на “биотопические предпочтения” [8]. Для этого вероятность выпадения каждого расстояния между двумя сетями в нейтральной модели “взвешивали” числом варакушек, отловленных в каждую из двух сетей (путем перемножения) и далее частотное распределение расстояний реальных перемещений птиц сравнивали с распределением в модифицированной таким образом нейтральной модели. Такой расчет позволяет оценить зависимость наличия индивидуальных участков у птиц от неоднородности качества биотопа. Для сравнений применяли методы стандартной статистики, использовали пакеты MS Statistica 6.0 и Past 1.5.

У варакушки в первые два дня остановки дальность перемещений значимо не отличается от распределения в нейтральной модели, однако, начиная с третьего дня, птицы попадались в сети значимо ближе к месту предыдущего отлова, чем предполагает модель беспорядочных перемещений (табл. 1, рис. 1). У камышовой овсянки, напротив, расстояния между соседними отловами были незначимо больше, чем медиана нейтральной модели (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1 – Результаты сравнения расстояний в нейтральной модели и расстояний перемещений особей варакушки и камышовой овсянки в разные порядковые дни миграционной остановки (тест Манна – Уитни; Md – медиана)

Порядковый день остановки	Медиана нейтральной модели	Варакушка				Камышовая овсянка			
		Md	n	z	p	Md	n	z	p
1	142.97	135.72	151	1.75	0.08	159.14	34	0.81	0.4
2	142.97	140.12	151	1.51	0.13	162.79	54	0.72	0.5
3	142.97	107.23	109	4.84	<0.000	144.00	32	0.56	0.6
4	142.97	97.67	59	4.15	<0.000	150.77	28	0.20	0.8
5	142.97	124.47	49	2.25	<0.05	146.48	22	0.0.4	0.96
6	142.97	79.79	30	3.02	<0.005	193.94	22	0.83	0.4
7	142.97	120.07	22	1.71	0.087	142.83	12	0.07	0.95
8	142.97	–	–	–	–	139.03	36	0.36	0.7

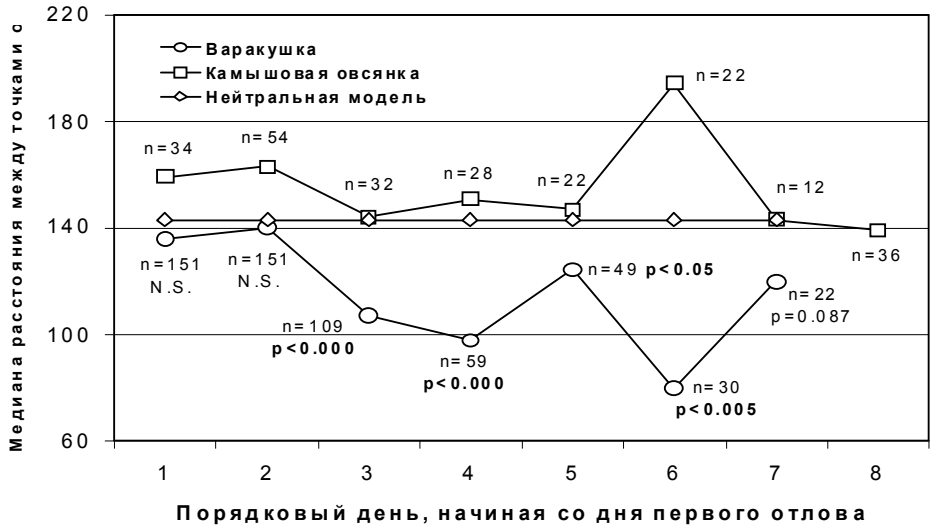


Рисунок 1 – Медиана расстояний между точками отлова в зависимости от порядкового дня остановки у варакушек и камышовых овсянок на стационаре Черная Река, 2010 г.

Камышовые овсянки держатся на миграционных остановках небольшими стайками и, судя по всему, широко перемещаются по территории в пределах ландшафтных комплексов с подходящими биотопами. Очень вероятно, что особи этого вида в процессе остановки могут перемещаться между соседними такими выделами (исходя из особенностей ландшафтного рисунка района исследований, возможно, на расстояние 10 км и более). Это предположение косвенно подтверждается малым числом повторных отловов и большим интервалом между следующими друг за другом повторными отловами у отдельных особей камышовых овсянок, окольцованных в дер. Черная Река. Так, в 2010 г. 10 пролетных овсянок были отловлены всего дважды с интервалом между отловами от 10 до 16 дней. По данным Е.В. Шутовой (устн. сообщ.), камышовая овсянка, окольцованная в конце августа в пос. Лувеньга (67°06' с.ш., 32°42' в.д.), была через несколько дней по-

вторно отловлена на заброшенных сенокосных лугах в 3,5 км на северо-восток от места кольцевания, т.е. в обратную направлению миграции сторону.

Варакушки на миграционной остановке держатся преимущественно поодиночке. Наличие у них индивидуальных участков может объясняться поразному. С одной стороны, птицам может быть выгодно меньше перемещаться и минимизировать, таким образом, энергетические затраты. С другой стороны, неоднородность территории отлова может служить причиной, вынуждающей птиц занимать более подходящие биотопы. Мы предприняли попытку оценить влияние неоднородности биотопов на поведение варакушек, введя в нулевую модель поправку на "биотопические предпочтения" и представив данные частотного распределения расстояний перемещения птиц. Распределение дальностей перемещений в первые два дня остановок особей варакушки почти полностью совпадает с распределением расстояний в нейтральной модели (рис. 2). Что касается распределения перемещений с 3-го по 7-й дни остановок, то в нем наблюдается преобладание коротких расстояний (до 80 м), но в остальных категориях оно также повторяет распределение в нулевой модели. В целом различия оказались не значимы ($z = 1,16$, $p = 0,25$; критерий для сопряженных пар Уилкоксона), при значимо более высокой доле коротких перемещений ($\chi^2 = 9,73$, $df = 1$, $p < 0,005$).

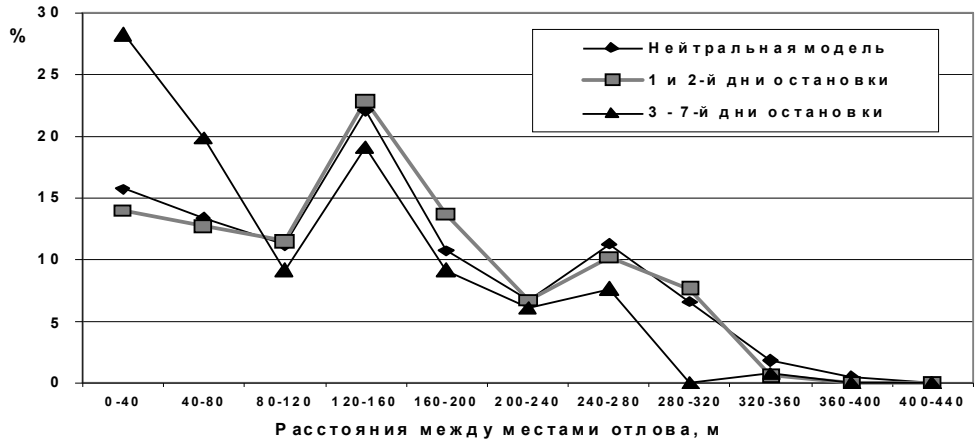


Рисунок 2 – Частотное распределение расстояний между точками повторных отловов варакушек осенью 2010 г. на стационаре Черная Река. Отдельно показаны повторные отловы в первые 2 дня после кольцевания; повторные отловы на 3-7 дни после кольцевания; а также нейтральная модель, предполагающая беспорядочные перемещения птиц по территории с сетями (с поправкой на "уловистость" каждой из сетей).

Отсутствие значимых различий в распределениях, а также то, что, по нашим данным, по результатам последних отловов каждой особи, среди варакушек, попавшихся в сети в пойменной части стационара, доля жирных птиц оказалась значимо выше [5], указывает на неоднородность качества биотопов на территории отлова. Объясняя наши результаты неодно-

родностью территории для варакушки, можно отнести первые два порядковых дня остановки у этого вида ко времени “обустройства на остановке”, которые особи тратят на поиск подходящего биотопа и лишь после этого начинают эффективное жиронакопление [8, 9]. С другой стороны, наши визуальные наблюдения показывают, что особи варакушки не только занимают индивидуальные участки, но и защищают занятую территорию. Во время эксперимента с подкормкой мучным червем в 2011 г. одни и те же (различаемые визуально по комбинации цветных колец) птицы подолгу держались у занятых кормушек и отгоняли от них своих конспецификов. Это, а также преобладание коротких перемещений после 2-го дня остановки, может говорить о наличии у варакушек стремления занять индивидуальные участки. Таким образом, на наш взгляд, так или иначе, подтверждаются оба предположения, объясняющие снижение широты перемещений у этого вида в процессе остановок. Для выявления соотношения значимости этих факторов необходимы дополнительные исследования.

Таким образом, на миграционных остановках в северной тайге на начальных этапах осенней миграции особи варакушки занимают индивидуальные участки (размером менее 15 га), а особи камышовой овсянки широко перемещаются по территории с оптимальными биотопами (иногда на расстояния в несколько км).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградова Н.В., Дольник В.Р., Ефремов В.Д., Паевский В.А. Определение пола и возраста воробьиных птиц фауны СССР. – М. : Наука, 1976. – 191 с.

2. Иваницкий В.В. Пространственно-ориентированное поведение птиц // Орнитология. – 1998. – Вып. 28. – С. 6–25.

3. Линька воробьиных птиц северо-запада СССР / Рымкевич Т.А., Савинич И.Б., Носков Г.А. [и др.]; Под ред. Рымкевич Т.А. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1990. – 304 с.

4. Панов И.Н. Орнитологический стационар в деревне Черная Река: задачи и первые результаты // Материалы научной конференции, посвященной 70-летию Беломорской биологической станции МГУ : Сб. ст. – М. : Гриф и К, 2008. – С. 313–320.

5. Панов И.Н. Миграционные стратегии воробьиных птиц в северной тайге восточной Фенноскандии: Дисс. ...канд. биол. наук. – М., 2012. – 239 с.

6. Панов И.Н. Природно-антропогенные комплексы как ключевые территории для поддержания биоразнообразия воробьиных птиц в условиях северной тайги // II Всероссийская научная конференция с международным участием “Биоразнообразие и культуроценозы в экстремальных условиях” : Сб. трудов. – 2013. В печати.

7. Панов И.Н., Чернецов Н.С. Миграционная стратегия варакушки (Luscinia svecica) в Восточной Фенноскандии. Сообщение 1: Основные параметры миграционных остановок // Труды Зоологического института РАН. – 2010. – Т. 314. – № 1. – С. 93–104.

8. Чернецов Н.С. Миграции воробьиных птиц: остановки и полет. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 173 с.

9. Alerstam T., Lindstrцm E. Optimal bird migration: the relative importance of time, energy, and safety / Bird migration; ed. by E. Gwinner. Berlin, Heidelberg, New York, 1990. P. 331–351.

10. Bibby C.J., Green R.E. Foraging behaviour of migrant Pied Flycatchers, Ficedula hypoleuca, on temporary territories // J. Anim. Ecol. 1980. Vol. 49. No 2. P. 507–521.

11. Bibby C.J., Green R.E. Autumn migration strategies of Reed and Sedge Warblers // Ornis Scand. 1981. Vol. 12. No 1. P. 1–12.

12. Chernetsov N., Titov N. Movement patterns of European Reed Warblers Acrocephalus scirpaceus and Sedge Warblers A. schoenobaenus before and during autumn migration // Ardea. 2001. Vol. 89. No. 3. P. 509–515.

13. Panov, I.N. Overlap between moult and autumn migration in passerines in northern taiga zone of Eastern Fennoscandia. Avian Ecol. Behav. 2011. Vol. 19. P. 33–64.

14. Rappole J.H., Warner D.W. Relationships between behavior, physiology and weather in avian transients at a migration stopover site // Oecologia. 1976.V. 26. No 3. P. 193–212.

15. Titov N. Individual home ranges of Robins Erithacus rubecula at stopovers during autumn migration // Vogelwelt. 1999. Vol. 120. No 4. P. 237–242.

16. Wikelski M., Tarlow E.M., Raim A., Diehl R.H., Larkin R.P., Visser G.H. Costs of migration in free-flying songbirds // Nature. 2003. Vol. 423. No 6941. P. 704.

УДК 579.869.1:619:616.98

ОБРАЗОВАНИЕ БИОПЛЕНОК *LISTERIA MONOCYTOGENES* ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КЛЕТКАМИ

© ***Г.В. Годова***, *РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)*

© ***А.А. Овод***, *РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)*

© ***Е.А. Калашникова***, *РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)*

© ***А.Н. Князев***, *РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)*

© ***В.И. Пушкарёва***, *ФГБУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (г. Москва, Россия)*

© ***Л.В. Диденко***, *ФГБУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (г. Москва, Россия)*

© ***С.А. Ермолаева***, *ФГБУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (г. Москва, Россия)*

BIOFILM FORMATION BY *LISTERIA MONOCYTOGENES* WHEN INTERACTING WITH PLANT CELLS

© ***G.V. Godova***, *K.A. Timiryazeva Russian State of Agrarian University – Moscow agricultural of Academy (Moscow, Russia)*

© ***A.A. Ovod***, *K.A. Timiryazeva Russian State of Agrarian University – Moscow agricultural of Academy (Moscow, Russia)*

© ***E.A.Kalashnikova***, *K.A. Timiryazeva Russian State of Agrarian University – Moscow agricultural of Academy (Moscow, Russia)*

© ***A.N. Knyazev***, *K.A. Timiryazeva Russian State of Agrarian University – Moscow agricultural of Academy (Moscow, Russia)*

© ***V.I. Pushkareva***, *N.F. Gamaleya Research Institute of Epidemiology and Microbiology (Moscow, Russia)*

© ***L.V. Didenko***, *N.F. Gamaleya Research Institute of Epidemiology and Microbiology (Moscow, Russia)*

© ***S.A. Ermolaeva***, *N.F. Gamaleya Research Institute of Epidemiology and Microbiology (Moscow, Russia)*

Изучено формирование биопленок *Listeria monocytogenes EGD* и его аттенуированного мутанта, лишенного листериолизина О – *L. monocytogenes* Δ *hly* с помощью каллусов пекинской капусты (*Brassica pekinensis L.*) и листового салата (*Lactuca sativa L.*). Методами световой и сканирующей электронной микроскопии выявлено, что биопленки на поверхности каллусов формируются чрезвычайно быстро (18–24 часа). Гистологические исследования инфицированных каллусов выявили фитопатогенное воздействие на модельные растения *L. monocytogenes EGD*, в отличие от *L. monocytogenes* Δ *hly*. Контаминация овощных культур вирулентными листериями представляет потенциальную эпидемиологическую угрозу.

Ключевые слова: биопленки, *Listeria monocytogenes*, каллусы, листериолизин О.

The Peking cabbage (*Brassica pekinensis L.*) and lettuce (*Lactuca sativa L.*) calluses were used to stady the stadies of *Listeria monocytogenes EGD* biofilm formation and its attenuative mutant devoid of the listeriolisin O – *Listeria monocytogenes* Δ *hly*. By the method of the light and scanning electronic microscopy it has been revealed that the biofilms are formed on the callus surface extremely quickly (18-24 hours). The histilogical investigations of the infected calluses showed that the phytopathogenic effect on the model plants is produced by *Listeria monocytogenes EGD* and not by *L.monocytogenes* Δ *hly*. The contamination of the vegetable crops by the virulent listeria is a potential epidemiological danger.

Key words: biofilms, *Listeria monocytogenes*, calluses, listeriolisine O.

E-mail: belosom@rambler.ru

Теоретические предпосылки о патогенных бактериях, общих для млекопитающих и растений, были сформулированы В.Ю. Литвиным [5, 6] еще в 90-х гг. прошлого века, однако доказательной экспериментальной базы на то время не имелось, поэтому развитие данного направления началось лишь в последние десятилетия, причем независимо в разных странах – преимущественно в США, а также в России [1, 2, 6, 8, 9, 12].

Листериоз – тяжелое инфекционное заболевание животных и людей, по современным представлениям, относящееся к классу сапронозов (сапрозоонозов) с высокой летальностью – от 26 до 43 % [14, 15, 17]. *Listeria monocytogenes* – грамположительные факультативно-анаэробные палочки с весьма небольшим набором факторов патогенности (7 белков), основным из которых является белок листериолизин О, синтезирующийся благодаря гену hly A, который воздействует на цитоплазматическую мембрану клеток как высших, так и низших эукариот (простейших) [10].

Для листерий характерна убиквитарность: они распространены в различных почвах, богатых гумусом, соленых и пресных водоемах, сточных водах;

регулярно выделяются из гидробионтов, от домашних и диких животных – овец, крупного рогатого скота, свиней, собак, кошек, грызунов, что свидетельствует о полигостальности возбудителя. Поскольку основным природным резервуаром листерий, как и других возбудителей сапронозов, служат почвы и водоемы [7, 9], межпопуляционные взаимоотношения в их биоценозах наиболее значимы для циркуляции и резервации данных микроорганизмов.

Поскольку основной путь заражения листериозом – алиментарный, среди факторов передачи мясные изделия превалируют, однако роль сыров, рыбных продуктов и овощей доказана при расшифровке ряда эпидемических вспышек [13], причем возбудители пищевых инфекций формируют биопленки на продуктах питания, что представляет особую эпидемиологическую опасность [11].

Изучение биопленок как самостоятельное направление в микробиологии началось благодаря появлению нового поколения микроскопов – сканирующего электронного и конфокального сканирующего лазерного (КСЛМ). Последний позволяет получать трехмерное изображение моно- и поливидовых биопленок, формируемых различными микроорганизмами, в режиме реального времени [16].

В последние годы хорошо изучен патогенез листериозной инфекции, связанный с наличием гена hly, кодирующего листериолизин, который воздействует на цитоплазматическую мембрану клеток как высших, так и низших эукариот (простейших) [1, 9].

Известно, что интерналин А – белок, участвующий в индукции фагоцитоза, влияет на эффективность формирования биопленок при взаимодействии листерий с клетками млекопитающих. Однако остаются неизвестными молекулярные механизмы, имеющие значение при взаимодействии листерий и отдельных белков с растительными клетками при формировании ранних биопленок. Предполагается, что растения, синтезирующие аттрактанты (гидрофильные аминокислоты, углеводы, фитогормоны, ферменты и пр.), могут инициировать образование биопленок на поверхностных структурах растительных тканей.

Представляется важным изучение биопленок возбудителей пищевых инфекций на овощах, не подлежащих тепловой обработке в условиях, имитирующих пищевое производство.

Цель данной работы – изучение взаимодействия *Listeria monocytogenes* с растительными клетками на популяционном и клеточном уровнях, а также возможности формирования биопленки на каллусах овощных культур.

В экспериментах использованы: вирулентный штамм *L. monocytogenes EGD* и его делетированный мутант Д hly с удаленным фактором патогенности – листериолизином О [18]. Листерии культивировали на жидкой и плотной среде BHI (Difco), а при высевах из каллусов – на селективной среде Palkam (Hi-media) при температуре 30 °С в течение 1–3 суток.

Идентификацию и биохимические свойства изолятов листерий из растительных тканей оценивали на тест-системах API-Listeria (Bio – Merieux).

При сомнительных результатах посевов – с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) с парой праймеров Prs1 – Prs2, являющихся родоспецифическими, направляющими амплификацию фрагмента гена prs, кодирующего белок фосфорибозилпирофосфатсинтазу, необходимый в общем метаболизме бактериальной клетки, не связанный с патогенностью. Нуклеотидные последовательности Prs1: gca ttg cgt gaa gct ggc gca ac; Prs2: cag aag cat ttt cat gaa c. Продукт длиной 220 н.п. получается в ПЦР со всеми Listeria spp.

Каллусы разных видов капусты и листового салата выращивали на среде Мурасиге – Скуга [4] в чашках Петри при влажности воздуха 70 %, освещенности 5000 люкс в течение 30 суток. Масса посадочного инокулюма растительных клеток составляла 0,25г.

Для изучения формирования биопленки на каллусных культурах пробоподготовку контаминированных образцов (10^6 м.к./г) осуществляли путем фиксации по Ito-Karnovsky, с последующим напылением слоя золота или углерода толщиной 5 nm с помощью напылительной установки (SPI Inc, США). Препараты анализировались в двулучевом электронном микроскопе Quanta 200 3D (FEI Compani, США).

Заражение каллусов для бактериологических исследований проводили с помощью шприца, вводя бактериальную суспензию в агар под каждый каллус в дозе 10^7 м.к./мл. В качестве контроля оставляли каллусы, под которые вводили по 1,0 мл изотонического раствора NaCl. Посевы исследовали в динамике (через 1–3–5–7 суток после заражения клеточных культур) путем высева суспензии из гомогенизированных в изотоническом растворе хлористого натрия каллусов (Disperser T 10 basic IKA, Германия) на селективную среду для количественного учета листерий по КОЕ. Перед измельчением каждый каллус отмывали гентамицином (100 мкг/г) для элиминации наружных контаминантов с последующим отмыванием от антибиотика изотоническим раствором.

Для гистологических исследований каллусных тканей фиксация образцов осуществлялась в течение 3-х суток при комнатной температуре в растворе уксусной кислоты и 95%-го этилового спирта в соотношении 3:1, с последующей промывкой тканей в дистиллированной воде. Затем следовала проводка образцов через “батарею спиртов” от 70 до 96 °С для обезвоживания. После обработки смолами и отвердителями образцы подвергались резке на микротоме Reichert-jung (Германия), после чего полученные срезы препарата помещались на предметное стекло и подсушивались в течение 5 минут.

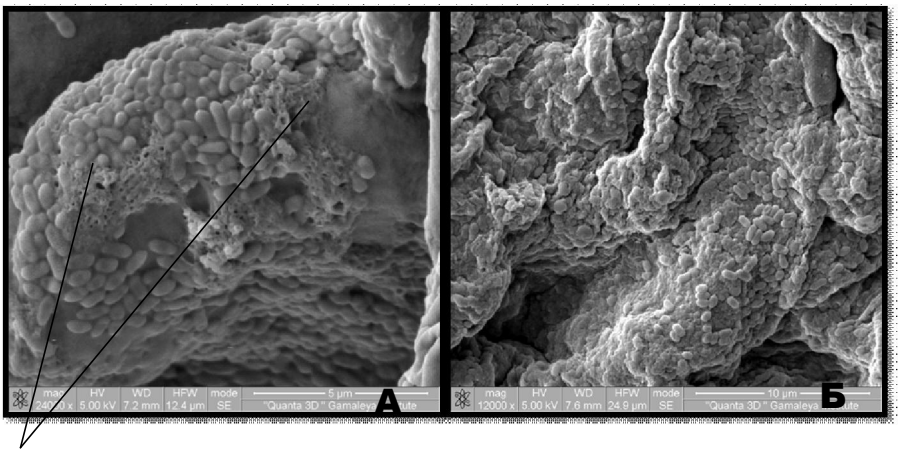
Микроскопические исследования образцов проводили в проходящем свете с помощью микроскопа Axio Imager M1 (Zeiss, Германия) при максимальном увеличении х2000. Микрофотоснимки сделаны цифровой камерой AxioCam MRm и обработаны с использованием программы AxioVision.

Статистическая обработка проводилась по программе Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, 2007).

Ранее доказано, что эпидемиологическую опасность представляют не единичные бактерии – возбудители пищевых инфекций, а их сообще-

ства, колонизирующие различные продукты питания, размножаясь на их поверхности и, формируя устойчивые биопленки [3, 11], поэтому необходимо было выявить механизм прикрепления (адгезии) листерий к растительным тканям овощных культур на модели листового салата.

При контаминации каллусов культурой листерий обоих штаммов (вирулентного и аттенуированного) уже через 18–24 часа можно наблюдать начальный этап формирования биопленки – адгезию бактерий, неравноценную на различных участках тканей (от нескольких десятков до нескольких тысяч клеток). Заметны отдельные фрагменты ранней биопленки. Морфологических изменений листерий на данных образцах отмечено не было (фото 1).



Участки с аморфными пористыми массами

Фото 1 – Формирование биопленки листериями на каллусах: А – L.monocytogenes EGD, Б – L.monocytogenes Δhly

Зафиксирована активная колонизация каллусных клеток листериями, заполнившими не только поверхностные структуры растительных тканей, но и межклеточные каналы. Биопленочный матрикс более выражен, заметны делящиеся листерии, что свидетельствует о максимальной численности популяции. Следует отметить на некоторых клетках инвагинации клеточных стенок, что, по-видимому, является следствием токсического воздействия листерий EGD на клетки-хозяева. Анализ многочисленных снимков позволил выявить, что “неполноценные” листерии, лишенные листериолизина, обладали такой же способностью адгезировать поверхность растений.

Визуальный ряд интактных каллусов (контроль) демонстрирует скопление клеток на плотной питательной среде: каллусная культура гетерогенна и представлена как молодыми клетками, так и более старыми, о чем свидетельствуют их размеры и форма (вытянутая, округлая, многогранная). Отдельные клетки каллусной ткани имеют большую вакуоль, которая занимает примерно 70 % от общего объема (фото 2).

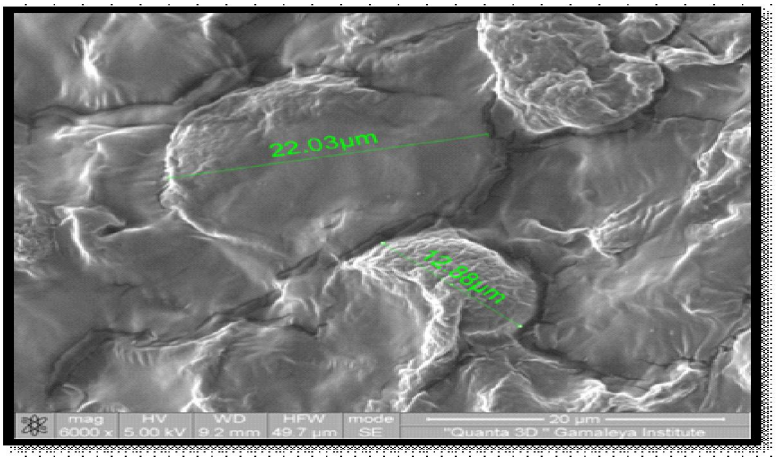


Фото 2 – Контроль. Ортогональная проекция каллусов

Для гистологических исследований взаимодействие изогенных штаммов листерий с растительными тканями агрокультур исследовали в динамике: через 18, 24 и 36 часов после заражения. В первые сутки морфология каллусов, зараженных *L. monocytogenes,* обоих штаммов оставалась сходной. Контрольная культура была представлена морфологически гетерогенными клетками с четко выраженной клеточной стенкой толщиной около 1 мкм. Большую часть клетки занимала цитоплазма, а на некоторых срезах видны хлоропласты и ядро. Однако уже в ранние сроки отмечено проникновение как вирулентных, так и аттенуированных листерий в межклеточное пространство без повреждения клеток-хозяев.

В более поздние сроки (48–72 часа) ситуация претерпевала значительные изменения. При взаимодействии с патогенными листериями растительные клетки значительно увеличивались в размерах (фото 3), существенно деформировались, истончались клеточные стенки, которые образовывали значительное число выпячиваний, либо втягиваний стенок внутрь клетки-хозяина. По-видимому, вначале клетки листерий были адгезированы на стенках клеток каллусной культуры, далее листерии проникали внутрь растительных клеток путем разрушения их стенок и локализовались внутри вакуолей. При значительном скоплении листерий наблюдалось полное разрушение каллусных клеток. Ответная реакция растительных клеток на вторжение в них листерий заключалась в формировании электронно-плотных участков в цитоплазме. Считается, что это происходит при синтезе определенных липидов, а также фенольных веществ, образуемых растительными клетками в стрессовых ситуациях, в данном случае при участии *L. monocytogenes*.

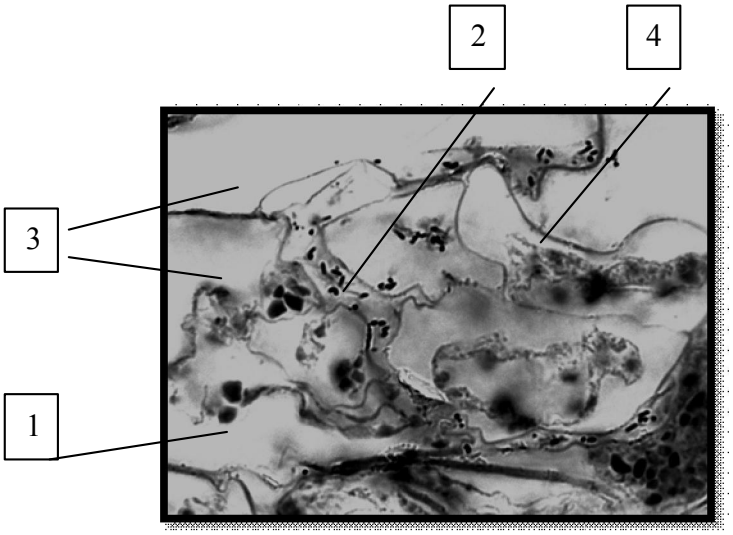


Фото 3 – L. monocytogenes EGD в толще каллусной ткани (32 мкм): 1 – фенольные комплексы; 2 – листерии; 3 – отслоение цитоплазмы от клеточной стенки; 4 – деградация клеточных стенок

При исследовании взаимоотношений аттенуированного штамма листерий с растительными клетками выявлена локализация бактерий как в межклеточном пространстве, так и внутри каллусных клеток, но без цитопатогенного эффекта (фото 4).

Таким образом, взаимодействие патогенных листерий с клетками каллуса, исследованное методами СЭМ, микроскопии в проходящем свете, выявило цитопатогенное воздействие бактерий, не относящихся к паразитам растений, однако вызывающих тяжелые инфекции у человека и животных при алиментарном пути заражения.

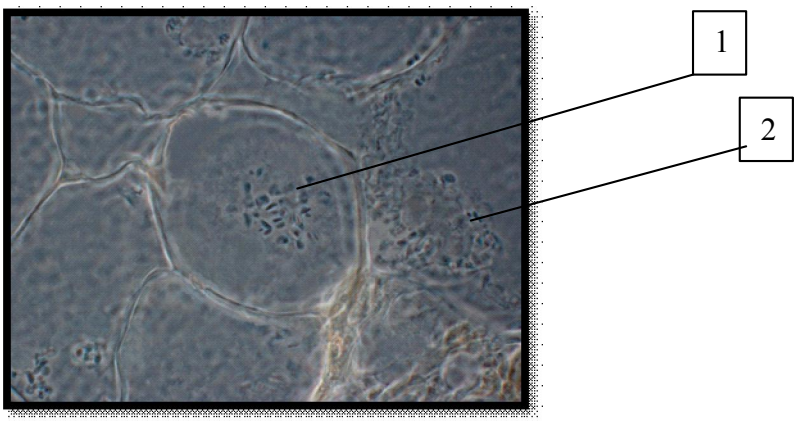


Фото 4 – L. monocytogenes Dhly в толще каллусной ткани (32 мкм): 1 – неразрушенная клетка с внутриклеточными листериями; 2 – межклеточные листерии

Напротив, аттенуированный штамм не оказывал фитопатогенного воздействия на растительные клетки, хотя бактерии проникали в межклеточное пространство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годова Г.В. Овощные растения как возможные резервуары листерий / Годова Г.В., Пушкарева В.И., Калашникова Е.А. [и др.] // Известия ТСХА. – 2009. – Вып. 4. – С. 80–89.

2. Годова Г.В., Туманова О.В. Персистенция сальмонелл в ризосфере и растениях // Доклады ТСХА.– 2007. – Вып. 279. – Ч. 2. – С.187–190.

3. Дробященко М.А., Пушкарёва В.И. Возможная роль субстратов агрокомплекса в заражении свиней иерсиниозов // Ветеринария. – 2011. – № 6. – С. 33–35.

4. Калашникова Е.А., Кочиева Е.З., Миронова О.Ю. Практикум по сельскохозяйственной биотехнологии. – М. : Колос, 2006. – 154 с.

5. Литвин В.Ю., Пушкарёва В.И. Факторы патогенности бактерий: функции в окружающей среде // ЖМЭИ. Прилож. 1. – 1994. – С. 83–87.

6. Литвин В.Ю. Эпидемиологические аспекты экологии бактерий / Литвин В.Ю., Гинцбург А.Л., Пушкарева В.И. [и др.] // М. : Фармарус-принт, 1998. – 257 с.

7. Литвин В.Ю., Сомов Г.П., Пушкарёва В.И. Сапронозы как природно-очаговые болезни // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2010. – № 1. – С. 10–16.

8. Персиянова Е.В. Характеристика взаимоотношений Yersinia pseudotuberculosis с растительными клетками : Автореф. дисс. ...канд. биол. наук. – Владивосток, 2008. – 22 с.

9. Пушкарёва В.И. Патогенные бактерии в почвенных и водных сообществах. : Дисс ...д-ра биол. наук. – М., 1994. – 220 с.

10. Пушкарёва В.И., Ермолаева С.А., Литвин В.Ю. Патогенные листерии и почвенные простейшие: сопряженность жизненных циклов // Успехи совр. биологии. – 2008. – Т. 128. – № 3. – С. 245–251.

11. Пушкарёва В.И., Литвин В.Ю., Дробященко М.А. Эпидемиологическая опасность формирования биопленок в условиях пищевого производства // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2011. – № 2. – С.17–23.

12. Пушкарёва В.И., Литвин В.Ю., Ермолаева С.А. Растения как резервуар и источник возбудителей пищевых инфекций // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. – 2012. – № 2. – С. 10–20.

13. Тартаковский И.С., Малеев В.В., Ермолаева С.А. Листерии: роль в инфекционной патологии человека и лабораторная диагностика // Медицина для всех. – М., 2002. – 195 с.

14. Dreux N.C. Fate of Listeria spp. on parsley leaves grown in laboratory and field cultures // J. Appl. Microbiol. 2007. Vol. 103. P. 1821 – 1827.

15. Farber J.M., Peterkin P.I. Listeria monocytogenes a food –borne pathogen // Microbiol. 1991. Rev.55. P. 476–511.

16. Gazzola S., Cocconcelli P.S. Vancomycin heteresistance and biofilm formation in Staphylococcus epidermidis from food // Microbiology. 2008. №154. P. 3224–3231.

17. Slutsker L., Evans M.C., Schuchat A., 2000. p.83-106. Listeriosis. ASM Press, Washington.

18. Vazquez-Boland J.A., Kuhn M., Berche P. // Listeria pathogenesis and molecular virulence determinants, 2001. Clin.Microbial. Rev. 14: 584–640.

УДК 504.05 4, 631.42

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И РАСТЕНИЙ ПРИДОРОЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА

© ***Д.Г. Иванов***, *РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва, Россия)*

© ***А.В. Сердюкова***, *Московский государственный областной университет (г. Москва, Россия)*

© ***В.И. Савич***, *РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва, Россия)*

ASSESSMENT OF CONDITION OF SOIL AND PLANT ROADSIDE LANDSCAPES IN THE CONDITIONS OF A MEGACITY

© ***D.G. Ivanov***, *K.A. Timiryazeva Russian State of Agrarian University – Moscow agricultural of Academy (Moscow, Russia)*

©***A.V. Serdukova***, *Московский государственный областной университет (Moscow, Rusia)*

©***V.I. Savich***, *K.A. Timiryazeva Russian State of Agrarian University – Moscow agricultural of Academy (Moscow, Russia)*

Статья посвящена важному направлению изучения состояния отдельных компонентов лесных экосистем в условиях мегаполиса. Накопление соединений свинца в почвах и растениях пониженных участков рельефа вместе с изменением свойств почв при использовании противогололедных реагентов позволяет расширить набор показателей для проведения экологического мониторинга лесных экосистем в лесопарках и водоохранных зонах озер.

Ключевые слова: Санитарная функция лесных почв, подвижные формы соединений свинца, базальное дыхание, растения и почвы лесных экосистем.

The article is devoted to the important direction of studying the state of individual components of forest ecosystems in the conditions of a megacity. Accumulation of lead compounds in soils and plants of lower sections of the relief along with changes in soil properties when using anti-icing agents allows to expand the set of indicators for monitoring of forest ecosystems in the forest parks and protected zones of lakes.

Key words: Sanitary function of forest soils, mobile forms of lead compounds, basal respiration, plants and soils of forest ecosystems.

В настоящее время городские леса, в особенности входящие в особо охраняемые природные территории, выполняют множество крайне важных для общества и природы в целом функций [3].

Однако в то же время лесные экосистемы испытывают большие нагрузки от комплексной антропогенной деятельности, которая, в итоге, проявляется в накоплении загрязнителей вблизи автомобильных дорог и промышленных предприятий. Это влияние выражается в деградации растительных сообществ и почв, возможном снижении санитарной функции лесных почв.

Цель исследования – выявить наиболее уязвимые компоненты лесных экосистем и оценить возможность их использования для мониторинга придорожных ландшафтов.

Объектом исследования были выбраны почвы и растения природно-исторического парка "Битцевский лес", находящегося в юго-западном административном округе Москвы, а также почвы и растения характерного лесного и озерного ландшафтов на территории Лесной опытной дачи Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева. Лесная опытная дача – лесной массив на территории Северного округа Москвы, занимающий значительную территорию и имеющий стационарные пробные площади, заложенные А.Р. Варгасом еще в 1863 году. Преобладающими древесными породами на пробных площадях являются хвойные породы: сосна, лиственница, ель, а также лиственные – береза, дуб, липа, вяз и др.

В настоящее время многие участки Лесной опытной дачи контактируют с улицами Северного округа столицы с высокой интенсивностью движения автомобильного транспорта.

Растения и почвы прибрежной зоны Оленьего озера, расположенного на границе шестого и седьмого кварталов Лесной опытной дачи в пределах километра от улиц с интенсивным движением и лесного участка, расположенного на расстоянии 200 м от улиц с интенсивным движением, с преобладанием в напочвенном покрове лунника серебристого, предпочитающего богатые органическим веществом почвы, также послужили объектами исследования в данной работе.

Влияние автотранспорта относительно мало изучено для вышеописанных участков территории, в связи с чем полученные данные представляют практическую ценность при планировании дальнейших природоохранных проектов на территории парка.

Многолетние исследования по Лесной опытной даче в условиях мегаполиса ведутся на факультете почвоведения и агрохимии РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева под руководством профессоров В.Д. Наумова, И.И. Васенева, И.М. Яшина, Л.В. Мосиной [1, 6 – 9].

Исследования также проводились в южной части парка "Битцевский лес", в кварталах 26 и 27, ограниченных с южной стороны Московской кольцевой автодорогой.

Площадь опытного участка 9,27 га (515х180 м) ограничена крайними опытными площадками. Участок представляет собой водораздел и примыкающий к нему пологий склон юго-восточной экспозиции, пролегающий вдоль МКАД. Уклон от 0 до 3є.

На данной территории было заложено 20 площадок по 4 параллельные трансекты, расположенные перпендикулярно МКАД. Одна трансекта

находится на водоразделе в сосняке с примесью липы и клена, три другие в верхней, средней и нижней части склона в ельнике с примесью липы и клена. Каждая трансекта включала 5 площадок, находящихся на расстоянии 20, 50, 100, 150 и 200 м от МКАД. Трансекта в нижней части склона находится на уровне МКАД, в средней части выше примерно на 2 м, в верхней на 4 м, на водоразделе на 5 м.

На исследуемой территории представлены почвы: старозалежная слабодерново-поверхностноподзолистая легкосуглинистая на покровном суглинке (Пд1/1лП); старозалежная слабодерново-мелкоподзолистая легкосуглинистая на покровном суглинке (Пд1/2лП); старозалежная среднедерново-поверхностноподзолистая легкосуглинистая на покровном суглинке (Пд2/1лП).

Образцы почв исследовались по следующим показателям: pH; общий углерод; содержание свинца в почвах и растениях; базальное дыхание; pH водной вытяжки для двух верхних горизонтов определяли на приборе “ЭКОТЕСТ-2000”.

Общий углерод для двух верхних горизонтов определялся по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова. Содержание свинца в почвах определяли в вытяжке 1 н HNO_3 на пламенном атомно-абсорбционном спектрометре с чувствительностью определения 0,02 мкг/мл. Растения озоляли в муфельной печи при температуре 450 градусов и после перевода содержимого золы в раствор азотной кислоты определяли содержание свинца на пламенном атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Для определения микробного дыхания образцы влажной свежей почвы помещались на неделю в термостат. Затем навески 2 г в 4-х повторностях помещались в пенициллиновые флаконы с добавлением 2 мл воды, плотно закрывались металлической крышкой и помещались на 24 ч в термостат. Далее на хроматографе-газоанализаторе “Хроматэк Кристалл 5000.2” определялось количество выделенного почвенными микроорганизмами CO_2.

Базальное дыхание определялось по формуле

$$\text{БД (мкл } CO_2/(\text{г почвы} \cdot \text{час})) = \left(\%V_{CO_2 пр} - \%V_{CO_2 возд}\right) \cdot 1000 \cdot V_{фл} \cdot 60 : \\ :(100 \cdot m_{сух} \cdot \Delta t),$$

где БД – базальное дыхание, мкл CO_2/(г почвы · час), $\%V_{пр}$ – процент объема CO_2 во флаконе с почвой; $\%V_{возд}$ – процент объема CO_2 в пустом флаконе; $V_{фл}$ – объем флакона; $m_{сух}$ – масса сухой навески почвы, Δt – время инкубации в часах.

Образцы снеговой воды исследовали по следующим показателям: pH, электропроводность и содержание натрия; pH снеговой воды определяли на приборе “ЭКОТЕСТ-2000”. Электропроводность определяли на кондуктометре Hanna HI 8733 N. Содержание натрия – на пламенном фотометре.

Основные свойства изученных почв представлены в таблице 1.

Кислотность почвы. В горизонте А1 значение pH изменялось от 4,3 до 7,4. Более высокий уровень pH (от 6 до 7,4) находится в пределах 100 м от МКАД. Это может объясняться многолетним применением противогололедных средств, содержащих Na и Ca, которые увеличивают уровень pH

почв. При этом можно отметить, что высота участка над МКАД на изменение характеристик не влияет. Характерные для дерново-подзолистой почвы уровни кислотности (pH 4–5) находятся на удалении 100 м (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание свинца и свойства почв по склону на различном удалении от Московской кольцевой автомобильной дороги

Рельеф	Индекс почвы	Расстояние до МКАД, м	Общий углерод, %		Свинец, мг/кг	pH	Плотность, г/см^3
			A1	A2	A1	A1	A1
Водораздел и верхняя часть склона	Пд2/1лП	200	5.12	0.98	15.14	6.16	4.81
	Пд1/1лП	150	5.83	0.43	15.21	5.47	4.87
	Пд1/2лП	100	4.33	1.77	12.28	5.16	4.69
	Пд2/1лП	50	6.22	0.84	15.32	5.21	4.55
	Пд1/1лП	20	5.42	1	14.26	6.8	4.73
	Пд1/1лП	200	7.41	0.55	16.4	4.83	4.71
	Пд1/1лП	150	4.94	0.64	13.99	5.44	4.69
	Пд1/2лП	100	4.65	0.84	15.34	4.65	4.18
	Пд1/2лП	50	4.97	1.03	16.32	5.43	4.66
	Пд1/1лП	20	5.07	0.76	10.83	7.09	4.56
Средняя часть склона	Пд2/1лП	200	5.37	1.47	13.25	5.58	4.37
	Пд1/1лП	150	7.04	0.17	15.94	5.13	4.81
	Пд1/1лП	100	4.98	0.36	15.64	5.44	4.83
	Пд1/1лП	50	5.52	0.43	24.05	6.34	4.89
	Пд1/1лП	20	5.91	0.61	11.65	7.3	4.72
Нижняя часть склона	Пд2/1лП	200	10.12	2.05	28.36	4.39	4.39
	Пд1/1лП	150	8.91	0.64	20.61	4.9	4.57
	Пд1/1лП	100	7.51	1	17.84	4.85	4.75
	Пд2/1лП	50	8.69	0.32	20.33	5.32	4.6
	Пд1/1лП	20	5.77	5.77	12.56	7.47	4.58

Наибольшее содержание общего углерода находится в нижней части склона и увеличивается по удаленности от Московской кольцевой автодороги. Это может объясняться более благоприятными условиями увлажнения и большим накоплением органического вещества в почвах лесных насаждений. Кроме того, на таких почвах создаются более благоприятные для развития естественной растительности условия по кислотности и плотности.

Микробиологическая активность. Базальное дыхание – это один из показателей, отражающих микробиологическую активность почвы, выражающуюся в объеме выделенного углекислого газа в условиях, приближенных к естественным (в отличие от субстрат-индуцированного дыхания, отражающего потенциальную активность почв). На активность микроорганизмов (бактерий, грибов, актиномицетов) может влиять множество условий (реакция среды, содержание поллютантов, содержание органического вещества, физические факторы и т.д.).

Наибольшая активность микроорганизмов проявляется в нижней части склона, заметно возрастает со 100 метров от дороги. Тем самым графически можно увидеть довольно заметную корреляцию продуцирования организмами CO_2 и содержания общего углерода в почве. Следовательно, можно предположить, что их активность тесно зависит от биомассы растительности и накопления органического вещества в почве.

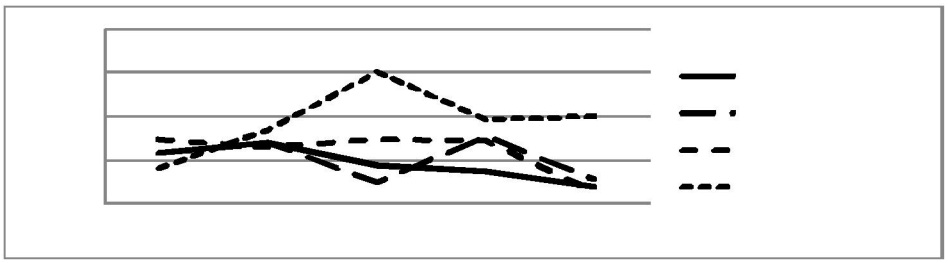


Рисунок 1 – Изменение интенсивности базального дыхания

На графике можно заметить некоторое снижение базального дыхания по удалению от Московской кольцевой автодороги на всех элементах рельефа, за исключением нижней части склона, что можно объяснить возможным поступлением с пылью от шоссе в почву биофильных элементов, способствующих развитию микроорганизмов (рис. 1).

Содержание свинца в почве. Свинец является одним из самых опасных поллютантов, поступающих в почвы и растения вблизи автодорог. Кроме того, его поступление и накопление происходит в достаточно больших объемах с выхлопными газами автотранспорта, поэтому именно этот элемент был выбран как один из главных показателей отрицательного влияния МКАД на почвенный и растительный покров. На данной территории содержание свинца в азотнокислой вытяжке колебалось от 10,8 до 28,4 мг/кг (табл. 1). Наибольшее содержание свинца в почве наблюдается в средней части склона в 50 м от МКАД, которая немного приподнята над шоссе и на расстоянии в 50–200 м – в нижней части склона, находящейся на уровне МКАД. Первый максимум может быть объяснен большей разреженностью крон на этом участке, поскольку он находится на самом близком расстоянии от асфальтовой дороги. Второй максимум объясняется увеличением содержания общего углерода вместе с увеличением кислотности почв, обуславливающей более высокую подвижность соединений свинца. Кроме того, в нижнюю часть склона свинец может поступать с талыми водами. Интересен еще тот факт, что в этих же точках увеличивается и микробиологическая активность, возможно, это объясняется тем, что для активности организмов важнее содержание органического вещества в почве, чем влияние свинца, если его содержание в почве на данном этапе исследований не столь токсично. Кроме того, возможно, что в исследуемых почвах преобладают наиболее устойчивые к тяжелым металлам виды грибов и бактерий.

На водоразделе и в верхней части склона прослеживается высокое содержание свинца в почвах до 200 м от дороги. В почвах средней части склона отмечено увеличение содержания элемента в 50 метрах от МКАД, в нижней – увеличение содержания элемента в почвах к 200 м (табл. 1).

Кроме того, проводилось сравнение распределения свинца по профилю почвы в нижней части склона в местах с наименьшим и наибольшим его содержанием в верхнем горизонте (рис. 2).

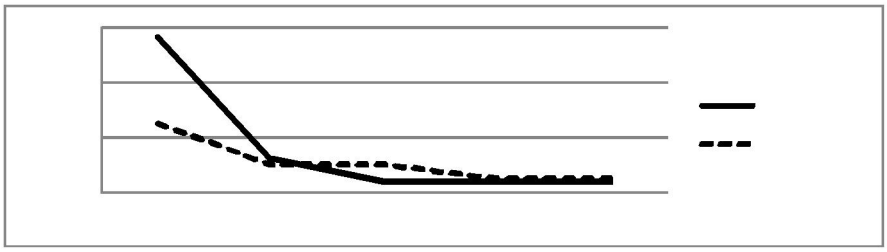


Рисунок 2 – Распределение свинца по профилю дерново-подзолистых почв

Уровень pH в снеговой воде. Исследования показали, что величина pH у обочины дороги равна 6,8, что соответствует реакции, близкой к нейтральной. По мере удаления от автострады величина pH уменьшалась до 5,8 (на расстоянии 200 метров от дороги) (табл. 1).

По нашим данным, в результате избыточного применения противогололедных средств реакция среды в почвах около автодороги была близка к нейтральной на расстоянии до 100 м от шоссе, а на расстоянии от 150 до 200 м – была слабокислая.

На всех элементах рельефа с увеличением расстояния до МКАД pH снижается, однако уровень значений превышает значения pH для фоновых дерново-подзолистых почв (табл. 1).

Электропроводность снеговой воды. Этот показатель определялся для растопленного, отфильтрованного от твердых примесей снега. Наиболее высокие показатели для электропроводности найдены в пределах 50 м от МКАД. Значения этого показателя доходят до 372 мк/см, причем оно обнаружено на высоте 4 м над полотном дороги в 20 м от шоссе.

Установлено, что наибольшее содержание натрия (до 60 мг/л) характерно для расстояния в пределах 50 м на высоте 2–4 метра над Московской кольцевой автодорогой.

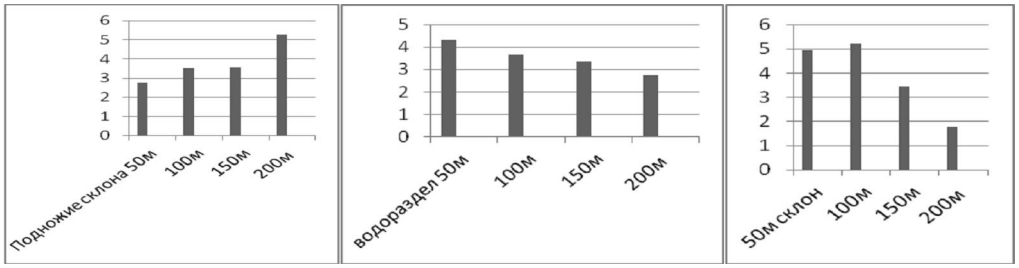


Рисунок 3 – Содержание свинца (мг/кг) в листьях зеленчука желтого на различном удалении от Московской кольцевой автомобильной дороги

Свинец в растениях. Оценка влияния изученного участка Московской кольцевой автомобильной дороги на растительность проведена по содержанию свинца в листьях зеленчука желтого, который является неморальным видом, местообитание которого под пологом леса позволя-

ет использовать его как вид с выраженной способностью поглощать свинец из почвы, что позволяет применять это растение для мониторинга лесных экосистем (рис. 3).

На рисунке 4 представлено содержание свинца в растениях лесного участка с доминированием в напочвенном покрове лунника серебристого и в растениях и почвах прибрежной зоны Оленьего озера.

Содержание свинца в вегетативных органах различных древесных и травянистых растений лесного и озерного участков показано на рис. 4. Содержание элемента в листьях липы превышает накопление его ветками. Листья частухи подорожниковой накапливают больше соединений свинца, чем корни и стебли.

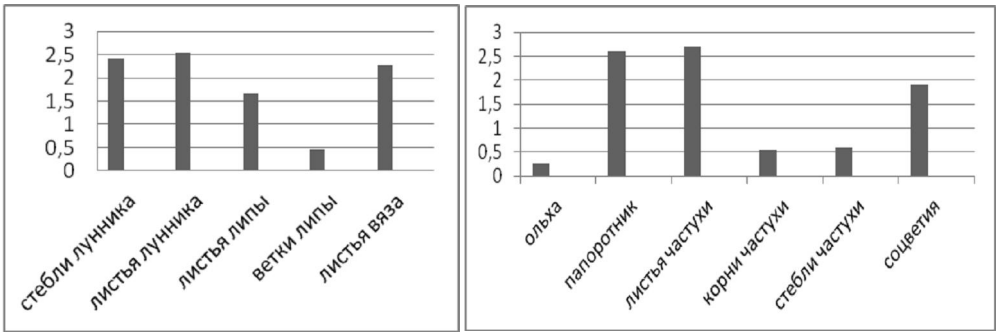


Рисунок 4 – Содержание свинца (мг/кг) в листьях растений Лесной опытной дачи (лесного участка и листьях ольхи, наземной части папоротника и вегетативных органах частухи подорожниковой у Оленьего озера)

Листья ольхи серой поглощают из почвы меньшее количество свинца, чем папоротник-орляк. По уровню накопления свинца вегетативными органами частухи подорожниковой озерного ландшафта можно дать ряд: листья > соцветия и семена >стебли>корни.

Содержание кислоторастворимого свинца в почвах прибрежной части Оленьего озера и лесного участка Лесной опытной дачи с преобладанием лунника серебристого попадает в диапазон концентраций от 5 до 30 мг/кг (рис. 5).

Обращают на себя внимание относительно высокие уровни содержания свинца в образцах почв в корневой зоне под лунником серебристым, в подстилке лесного участка и прикорневой зоне мха. Уровень концентраций в почвах прибрежной зоны Оленьего озера, достаточно удаленного от автомагистралей, такой же высокий, как и в почвах лесного участка (рис. 5). Мы предполагаем, что органическое вещество почв и тонкодисперсные фракции озерных отложений активно поглощают поступающие извне соединения свинца. Для понимания механизмов этих процессов с учетом состава и свойств почв необходимо проведение дальнейших исследований.

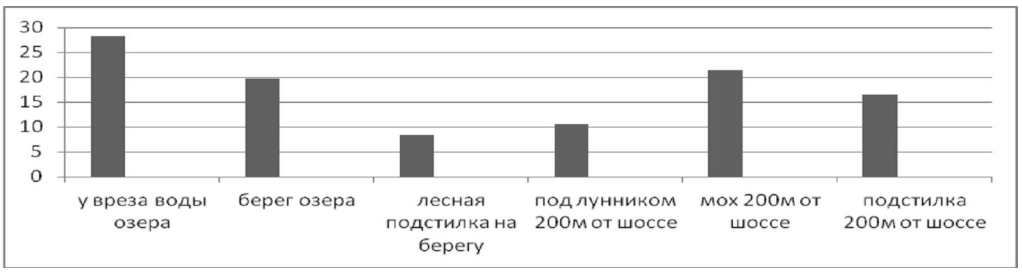


Рисунок 5 – Содержание свинца в почвах (мг/кг) прибрежной зоны Оленьего озера и лесного участка

Таким образом, содержание соединений свинца в почвах и вегетативных органах растений для придорожных ландшафтов может стать диагностическим показателем экологического мониторинга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буринова Б.В. Экологическая оценка пространственно-временной изменчивости содержания тяжелых металлов в почвах Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева : Автореф. дисс. ...канд. биол. наук – М., 2011. – 26 с.

2. Варлыгина Т.И., Головкин Б.Н., Киселева К.В. Флора Москвы. – М. : Голден Би, 2007. – 512 с.

3. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. – М. : Изд-во МГУ, 2006. – 361 с.

4. Кауричев И.С. Практикум по почвоведению. – М. : Агропромиздат, 1986. – 336 с.

5. Лысиков А.Б. Влияние автомагистрали на почвенно-экологические условия сосновых насаждений // Лесоведение. – 1996. – № 2. – С . 73–85.

6. Мосина Л.В. Антропогенные изменения лесных экосистем в условиях мегаполиса : Автореф. дисс. ...д-ра биол. наук – М., 2003. – 34 с.

7. Сердюкова А.В., Грачев Д.А., Иванов Д.Е. Соединения свинца как индикаторы загрязнения при изучении функционирования почв придорожных ландшафтов // Биологическая рекультивация и мониторинг нарушенных земель. – Екатеринбург, 2012. – С. 229–234.

8. Яшин И.М., Сердюкова А.В., Петухова А.А., Грачев Д.А. Изучение миграционных потоков тяжелых металлов для диагностики загрязнения таежных экосистем // Известия ТСХА. – Выпуск 2. – 2012. – С. 20–31.

9. 145 лет Лесной опытной даче РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева / В.Д. Наумов, А.Н. Поляков. – М. : Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2009. – 512 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И МОДЕЛИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, ЭКОЛОГИИ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И МЕДИЦИНЕ

УДК 519.21.248+57+574

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКИХ ОСНОВ ВЫБОРОЧНОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОСФЕРЫ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЦЕПЕЙ МАРКОВА

© ***В.В. Рыжаков***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***М.В. Рыжаков***, *Московский физико-технический институт (государственный университет) (г. Долгопрудный Московской области, Россия)*

ANALYTICAL FRAMEWORKS DEVELOPMENT OF A SAMPLING INSPECTION OF A TECHNOSPHERE OBJECTS AND BIOLOGICAL SYSTEMS ON THE BASIS OF MARKOV CHAINS

© ***V.V. Ryzhakov***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***M.V. Ryzhakov***, *Moscow institute of physics and technology (state university) (Dolgoprudny, Moscow region, Russia)*

В статье в краткой форме представлена методология выборочного контроля состояния систем объектов, которая нашла своё развитие в аналитических представлениях на основе цепей Маркова через использование бесконечных Q-матриц, матричных экспонент, теорем Колмогорова. Для утилитарных приложений предложены упрощения, которые подверглись оцениванию на основе численного эксперимента.

Ключевые слова: техносфера, биосфера, цепи Маркова, Q-матрицы, закон Пуассона, оперативная характеристика.

In paper in the brief form the methodology of a sampling inspection of a systems of objects condition which has discovered the evolution in analytical representations on the basis of Markov chains through use of infinite *Q*-matrixes, matrix exponents, Kolmogorov's theorems is presented. For utilitarian applications the simplifications are offered, which have undergone to estimation on the basis of numerical experiment.

Key words: technosphere, biosphere, Markov chains, *Q*-matrixes, the Poisson's law, operating characteristic function.

В связи с тем, что объекты техносферы часто влияют в той или иной степени на объекты в биосфере, а в условиях техногенных аварий, катастроф это влияние может оказаться чрезвычайно опасным, целесообразно использовать реакции биоэлементов на указанные явления в качестве контрольных факторов.

Чтобы оценить их количественно, необходимо иметь соответствующие методики с соответствующим теоретическим обоснованием.

В качестве общего подхода для этих целей целесообразно использовать выборочный контроль состояния биологических популяций, испытывающих влияние техносферы. А если учесть, что численность популяций микроорганизмов биологических систем исчисляется многими тысячами и даже миллионами, то выборочный контроль следует строить на вероятностной (статистической) основе.

В связи с тем, что контроль состояний биосфер и влияния техносфер может оказаться длительным (время ликвидации последствий аварий, катастроф, как правило, оказывается затяжным), то контроль указанных объектов тоже будет длительным. В этом случае целесообразно использовать аппарат цепей Маркова с непрерывным временем и с бесконечным числом состояний. Прежде чем излагать особенности аналитического аппарата методологии статистического выборочного контроля состояний биосистем, изложим его основные (принципиальные) особенности.

Суть выборочного контроля такова: из контролируемой партии (генеральной совокупности) биологических организмов отбирается выборка элементов и подвергается полному контролю. Если доля отклонений в выборке не превышает установленного значения, то всю популяцию (сообщество) можно считать не пострадавшей. Если доля отклонений в выборке превышает установленное значение, то популяция подвергается дальнейшей проверке.

В виде отдельных пунктов это представится так.

1. Отбирается выборка объемом n из n_0 – всей генеральной совокупности биосистемы в исследуемом пространстве.

2. Назначается предельное значение числа отклонений $[k]$ в партии n.

3. При $k \le [k]$ партия считается нормальной и вся совокупность n_0 принимается, если $k > [k]$, то $(n_0 - n)$ элементов популяции подвергаются дополнительной проверке.

4. При выполнении выборочного контроля (диагностирования) необходимо гарантировать установленную долю отклонений в принятой партии объема n. Для этого необходимо выбрать значения n и $[k]$, которые в свою очередь будут определять оперативную характеристику как вероятность события $(k \le [k])$ при доле отклонений (g) и объеме выборки (n)

$$P_0(k \le [k]) = \sum_{k=0}^{[k]} P(k; n; g), \qquad (1)$$

где 0 – индекс при $P_0(k < [k])$ – оперативная характеристика;

k – текущее значение отклонений в партии объема n, $k \in \{1, 2, ..., [k]\}$.

Более подробно об оперативной характеристике скажем в последующем, после исследования её теоретических основ, используя при этом отдельные результаты монографии [1].

В качестве варианта аналитического элемента выражения оперативной характеристики (1) можно использовать биномиальное распределение вероятностей обнаружения $k(t)$ событий за время наблюдения (t).

$$P(k(t)) = \frac{n!}{k!(n-k!)}(\lambda t)^k (1-\lambda t)^{n-k}, \tag{2}$$

где λ – интенсивность появления события, $\left(1/\text{ч}\right)$;

n – объем выборки.

Произведение

$$\lambda \cdot t = g \tag{3}$$

выражает вероятность обнаружения одного события (будем принимать её как долю отклонений).

При $n \to \infty$ и при $n \cdot \lambda = \text{const}$ (конечная величина) (2) принимает в пределе приближенный вид

$$P(k(t)) = \frac{(\nu t)^k}{k!} \cdot e^{-\nu t}, \tag{4}$$

где $\nu = n \cdot \lambda$.

Выражение (4) – закон Пуассона.

Чтобы иметь возможность диагностировать и на этой основе прогнозировать состояние исследуемых систем, следуя (1), наряду с (4), необходимо получить матрицу вероятностей их переходов из одного состояния в другое. Для этих целей используется треугольная матрица с бесконечным числом элементов [2]

$$Q = \begin{pmatrix} -\nu & \nu & 0 & 0 & \dots \\ 0 & -\nu & \nu & 0 & \dots \\ 0 & 0 & -\nu & \nu & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}, \tag{5}$$

которой соответствует также треугольная матрица вероятностей переходов $P(t)$

$$P(t) = \begin{pmatrix} P_{11}(t) & P_{12}(t) & P_{13}(t) & \dots \\ 0 & P_{22}(t) & P_{23}(t) & \dots \\ 0 & 0 & P_{33}(t) & \dots \end{pmatrix}, \tag{6}$$

соответствующая цепям Маркова с непрерывным временем и с бесконечным числом состояний.

Используя матричную экспоненту [2]

$$P(t) \cdot e^{tQ} \tag{7}$$

и её производную (уравнение Колмогорова)

$$P'(t) = P(t) \cdot Q \tag{8}$$

или

$$P'(t) = Q \cdot P(t), \tag{8a}$$

можно определить элементы матрицы (6), следуя ниже изложенному правилу:

используя (7) и (8) и принцип индукции, получим элемент матрицы (6) [1] в виде

$$P_{i,i+k}(t) = \frac{(\nu t)^k}{k!} e^{-\nu t}, \tag{9}$$

который совпадает с (4).

С учетом этого (6) запишется так

$$\begin{pmatrix} e^{-\nu t} & \frac{\nu t}{1} e^{-\nu t} & \frac{(\nu t)^2}{2!} e^{-\nu t} & \dots \\ 0 & e^{-\nu t} & \frac{\nu t}{1} e^{-\nu t} & \dots \\ 0 & 0 & e^{-\nu t} & \dots \\ & & & \end{pmatrix}. \tag{10}$$

Представляет интерес проверка марковости матрицы (10).

Для этого определим сумму $S(t)$.

$$S(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\nu t)^k e^{-\nu t}}{k!} = e^{-\nu t} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\nu t)^k}{k!}. \tag{11}$$

Из математического анализа известно, что при $\nu t << 1$ сумма ряда

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\nu t)^k}{k!} = e^{\nu t}. \tag{12}$$

Тогда

$$S(t) = e^{-\nu t} \cdot e^{\nu t} = 1. \tag{13}$$

Полученный результат (13) – свидетельство того, что условие марковости матрицы (10) выполняется.

С учетом характера приложений матрицу (10) можно интерпретировать так. Её первая строка соответствует вероятности перехода системы (партии организмов) из исходного состояния $C1$ в состояние $C2$ с одним отклонением, в состояние с двумя отклонениями $C3$ и т.д. теоретически до n_0 отклонений (всей генеральной совокупности). Сумма всех вероятностей в этой строке должна приближаться к 1.

Вторая строка соответствует исходному состоянию $C2$, когда генеральная совокупность составляет $(n_0 - 1)$ элементов и т.д.

Используя (10), с учетом (3) и (13) оперативную характеристику (1) правомерно представить в виде алгоритма

$$P_0(k < [k]; n; g) \doteq \sum_{k}^{[k]} \frac{(g \cdot n)^k}{k!} \cdot e^{-(g \cdot n)} \qquad (14)$$

или как более точное приближение

$$P_0(k < [k]; n; g) = \sum_{k=0}^{[k]} P(k; n; g) \doteq \sum_{k=0}^{[k]} \frac{n(n-1)\ldots(n-k+1)}{k!} g^k \cdot (1-g)^{n-k}. \qquad (15)$$

Из сравнения (14) и (15) следует, что при вариации g и n, но при $n \cdot g = \text{const}$, по формуле (15) будем получать различные результаты, а по формуле (14) – один и тот же результат на все случаи указанных вариаций. Это подтверждают данные из табл. 3.1.8 [3], в которых вариация объема выборки n определяется дискретным множеством $\{15;\ 30;\ 60;\ 150;\ 300\}$, а вероятность (g) – множеством $\{0,5;\ 0,2;\ 0,1;\ 0,05;\ 0,02\}$ при $g \cdot n = 3 = \text{const}$.

При анализе данных, соответствующих $[k] = 3$, и при $30 \le n \le 300$ оказывается, что Пуассоновский закон дает результаты, совпадающие с биномиальным распределением, а при $[k] = 4$ дает занижение P_0: при $n = 300$ ~ на 0,001; при $n = 150$ – ~ на 0,002; при $n = 60$ – ~ на 0,045; при $n = 30$ – ~ на 0,1. При $[k] = 5$ эта тенденция сохраняется, но с меньшими значениями, при $[k] = 6$ тенденция меняет знак. При определенных исследованиях этот факт может вызвать сомнения в правильности методики расчетов, полученной на основе закона Пуассона, составляющего элементы матрицы (10), но переход к оператору (15) вызовет рост объема расчетов. Поэтому приближенный алгоритм (14) в утилитарных приложениях более предпочтителен.

Анализ работ, касающихся исследований биологических систем, например [4], показывает, что приложения изложенной методологии оценивания оперативных характеристик выборочного контроля вполне возможны и позволят получить утилитарные рекомендации.

Далее построим семейство оперативных характеристик, следуя алгоритму (14) при следующих данных: $ng \in \{0,1;\ 0,2;\ 0,5;\ 1;\ 2;\ 3\}$ и $[k] \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$. Графики оперативных характеристик представлены на рисунке 1. Их вид показывает, что с ростом $[k]$ оперативная характеристика асимптотически приближается к прямой $P_0 = 1$, что также подтверждается условием (13). Условие (13) – условие нормировки $S(t)$ (11) и подтверждение правомерности использования оперативной характеристики вида (14) в приложениях.

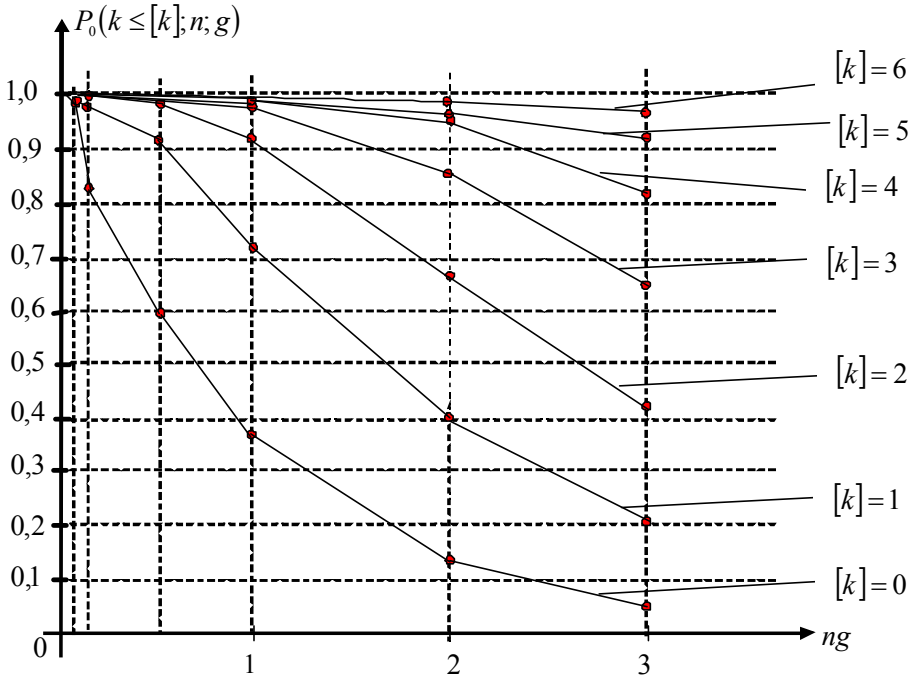


Рисунок 1 – Графики оперативных характеристик

На рисунке 1 ось абсцисс соответствует произведению ng (для иллюстрации зависимостей), полагая при этом, что объем выборки $n = \text{const}$. При переходе к параметру g графики только масштабно изменятся: будут более сжатые, но это не повлияет на оценивание ошибок первого и второго рода. Задаваясь критическим значением $g = g_0$ – критическое, легко оценить вероятности ошибок первого рода (α). Ошибки второго рода оцениваются сложнее: задаваясь вероятностями ошибок второго рода (β), оценивают необходимый объем выборки (n) и $[k]$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжаков В.В., Рыжаков М.В. Теория и алгоритмы диагностирования и прогнозирования состояния технических систем длительного применения на основе цепей Маркова : Монография. Депонирована ВИНИТИ РАН 27.03.2013, № 88-В2013, 55 с.

2. Кельберт М.Я., Сухов Ю.М. Вероятность и статистика в примерах и задачах. Том 2. Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения. – М. : Изд-во МЦНМО, 2010. – 559 с.

3. Смирнов Н.В., Дунин–Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. – М. : Наука, 1969. – 512 с.

4. Мазей Ю.А., Малышева Е.А., Ермохин М.В. Структурирование сообществ раковинных амеб в разных типах граничных структур в контактной зоне “вода – суша” // Приволжский экологический журнал. – 2011. – № 4. – С. 455–468.

УДК 504.75

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ

© ***А.Ф. Зубков***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***О.А. Логвина***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

MATHEMATICAL MODELING OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC RISKS

© ***A.F. Zubkov***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***O.A. Logvina***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Перед человечеством неотвратимо встала задача разумного, рационального, безрискового природопользования, позволяющего удовлетворять жизненные потребности людей в сочетании с охраной и воспроизводством природной среды. Решение такой задачи основывается на количественных оценках, которые можно получить путем математического моделирования поведения системы.

Ключевые слова: экология, моделирование, экономические риски, вероятность.

Before mankind inevitably faced with the task reasonable, rational, risk-free nature, which allows to meet the vital needs of the people combined with the protection and reproduction of the natural environment. The solution of this problem is based on the quantitative estimates, which can be obtained on the basis of mathematical modeling of the behavior of the system.

Key words: ecology, modeling, economic risks, the probability.

E-mail: : zubkov@pgta.ru, olga_kr@list.ru

Производственная деятельность человека является сложным взаимодействием технических и природных комплексов.

Природно-технические геосистемы формируются в соответствии с законами развития и взаимодействия природы и общества, являются объектом направления экономической науки – инженерной экологии.

Под экологической системой понимается совокупность живых организмов и среды их обитания, объединенных вещественно-энергетическими взаимодействиями. Могущество воздействия человека на природу зависит от численности населения Земли и уровня технического развития человечества.

Огромное отрицательное воздействие на окружающую среду оказывает её загрязнение, которое во многих районах мира достигает критического уровня для устойчивости экосистем и здоровья людей.

Отрицательное воздействие производства на окружающую среду обусловлено не только его нерациональной структурой, но и несовершенством технологических процессов. Из огромного количества вещества, изымаемого людьми из природной среды для целей производства, в конечный продукт превращается лишь 1,5–2,0 %. Основная же его масса переходит в производственные и бытовые отходы.

Перед человечеством неотвратимо встала задача разумного, рационального, безрискового природопользования, позволяющего удовлетворять жизненные потребности людей в сочетании с охраной и воспроизводством природной среды.

Источниками эколого-экономического риска являются взрывоопасность, легковоспламеняемость, радиация, ядовитые вещества, высокое давление, высокая температура, плотины гидротехнических и противоселевых сооружений, возможные отказы двигателей, систем управления и жизнеобеспечения самолетов, подводных лодок и др.

Катастрофы и аварии могут быть вызваны несовершенством конструкций объектов и сооружений, ошибками обслуживающего персонала, факторами риска, связанными с перевозкой взрывоопасных грузов, с использованием в технологических процессах токсичных и радиоактивных веществ, с вибрациями и перегрузками.

Количественная оценка экологических опасных ситуаций необходима для мест хранения взрывоопасных, горючих, ядовитых и радиоактивных материалов, для мест хранения промышленных отходов для шахт, сталеплавильных участков и цехов и других объектов и производств, работа на которых связана с риском для здоровья и жизни людей. Оценка риска необходима постоянно, так как опасность аварии зависит не только от параметров производственного объекта, но и от текущей ситуации, от внешних воздействий, от сочетания управленческих действий, состояния персонала и оборудования, от хода производственного процесса. Большое разнообразие предприятий и факторов риска невозможно уложить в какую-либо определенную схему, поэтому в основе оценки риска лежит экспертная таблица локальных рисков, в которой содержатся две группы оценок:

- оценка риска по параметрам процесса,
- оценка риска по ситуации.

Первая группа оценок риска формируется экспертами как вероятность аварии в зависимости от значений параметров технологического процесса. Такие оценки определяются для отдельных объектов предприятия (распределительный узел электроэнергии, баллоны со сжатым воздухом, горючим или ядовитым газом, участок металлообрабатывающих станков и др.).

Вторая группа оценок риска формируется экспертами как вероятность аварии с учетом всех аварийно опасных операций и составляющих технологического процесса.

Вероятность аварии на данном производстве можно рассматривать как вероятность сложного события *C*, являющегося суммой событий, среди которых есть независимые и зависимые события A_i:

Вероятность такого события можно представить в виде выражения:

$$P(C) = \sum_{k,e} P(A_j) + \sum_{k,s,t} P(A_k + A_e) + \sum_{k,s,t} P(A_k + A_s + A_t) + \ldots \qquad (1)$$

где $j = \overline{1,k}$, $k \geq n$ – число несовместных событий A_j;

A_k, A_e – попарно совместные события;

A_k, A_s, A_t – тройки совместных событий.

Учитывая, что

$$P(A_k + A_e) = P(A_k) + P(A_e) - P(A_e A_k), \tag{2}$$

$$P(A_k + A_s + A_t) = P(A_k) + P(A_s) + P(A_t) -$$

$$- P(A_k A_s) - P(A_k A_t) - P(A_s A_t) + P(A_k A_s A_t)$$

События могут быть несовместными, когда авария одного из объектов, участвующих в рассматриваемом технологическом процессе, не вызывает аварии других и не влияет на их надежность, и совместными, если авария одного из объектов системы влияет на надежность другого или нескольких других. Совместность и несовместность событий определяется анализом взаимодействия объектов цепи технологического процесса, а взаимная зависимость совместных событий – статистикой аварий и (или) экспертными оценками. Вероятности событий, входящие в формулы (1) и (2), определяются как частности (статистические вероятности) или экспертно определенные оценки. Такие показатели определяют диапазоном возможных значений, т.е. интервалами, определяемыми с заданной надежностью. Кроме того, вероятность суммы двух или более совместных событий экспертно определяют как вероятность одного события, т.е. применительно к технологическому процессу, как вероятность аварии нескольких элементов технологической цепи, условно объединённых в один блок. При этом формула (2) преобразуется в сумму вероятностей аварий блоков цепи:

$$P(C) = \sum_i P(A_i). \tag{3}$$

$P(A_i)$ определяются интервалами возможных значений. Рассчитываемое по формуле (3) значение $P(C)$ также имеет интервал возможных значений.

Верхнее значение $P(C)$ дает верхнюю границу вероятности риска и называется гарантированным риском, нижнее значение $P(C)$ является оптимистической оценкой (надежда на безаварийную работу технологической линии), наиболее реальная оценка риска находится между верхней и нижней границами вероятностных оценок. Вероятностная оценка риска $P(C)$ является функцией времени и может быть рассчитана на определенный период (сезон, год и т.п.) в соответствии с заданием.

Вероятность безаварийной работы за этот же период определяется как вероятность противоположного события $\bar{C}$:

$$P(\bar{C}) = 1 - P(C) = 1 - \sum_i A_i. \tag{4}$$

Оценка риска сложной системы, состоящей из разнородных технологических линий, производится суммированием локальных оценок с учетом зависимости входящих в них случайных величин. В сумму вероятнос-

тей риска следует включать и вероятность аварийной ошибки обслуживающего персонала. При оценке риска необходимо учитывать опасность внешнего воздействия (природного), например не строить АЭС в сейсмоопасной зоне, не строить доменных печей в зоне вечной мерзлоты.

Разработанная модель позволяет:

1. Производить оценку эколого-экономических рисков сложных систем на основе количественных оценок формирующих их параметров.

2. Выделять на основе вероятностных методов наиболее важные элементы исследуемых систем для принятия эффективных решений их развития.

3. Оптимально распределять экономические ресурсы для обеспечения безопасности функционирования экологической системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логвин Ю.О., Таранцева К.Р., Логвина О.А., Коновалов В.В. Моделирование безопасности и рисков на газопроводах // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс : Научно-методический журнал. – Пенза : ПГТА, 2012. – 02(06)/2012. – С. 125–132. – (Экология).

2. Зубков А.Ф., В.Н. Деркаченко, Ю.С. Гусынина. Построение вероятностной модели эксплуатации технических систем с учетом стоимостных показателей их состояний : Научно-технические ведомости. – СПб : СПбГПУ, 2008. – № 4(52). – С. 284–888. – (Экономические науки).

3. Логвина О.А. Количественные критерии оценки состояния сложных систем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Научно-методический журнал. – Пенза : ПГТА, 2012. – 02(06) – С. 95–102. – (Экология).

УДК 621.793; 621.794; 621.357.7

ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО СПЛАВА ЦИНК-КОБАЛЬТ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РЕЖИМЕ

© ***О.С. Виноградов****, Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) ФГБОУ ВПО “Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства” (г. Пенза, Россия)*

HOW TO GET ELECTROLITICAL MERGE OF ZINK-COBALT BY AN AUTOMATED WAY

© ***O.S. Vinogradov****, Penza region Higher school Centre Russia State University of Innovative Technologies and Business (Penza, Russia)*

Статья посвящена вопросам автоматизации гальванической линии цинк-кобальт. Показаны пути решения задачи по созданию автоматизированной системы управления технологическим процессом. Применена подсистема моделирования гальванических процессов

Ключевые слова: электрохимические производства, металлы, покрытия, автоматизация.

The article depicts automated galvanic line: zink-cobalt problems. The ways of solving problems with creating automated systems of managing technological process are shown here. Subsystem of modeling galvanic process was used.

Key words: electro-chemical production, metals, surfaces (coveriugs), automation.

E-mail: woinova53@mail.ru

Автоматизация процессов электроосаждения металлов является сложной технической задачей, решение которой позволит гальванотехнике выйти на принципиально новый уровень развития [1–2].

Систему автоматизированного управления процессами электроосаждения металлов и сплавов рассмотрим на примере технологии электроосаждения сплава цинк-кобальт как наиболее сложную с точки зрения автоматизации технологического процесса. Сложность процесса заключается в несбалансированности катодных и анодных процессов, когда один компонент сплава осаждается в режиме с растворимыми анодами, а другой – с нерастворимыми анодами. В процессе электроосаждения сплава концентрация одного компонента в электролите увеличивается, а концентрация другого компонента уменьшается, что влияет на состав сплава и его физико-механические свойства. Корректировка электролита по компонентам сплава в процессе электролиза приведет к еще большему разбросу концентраций компонентов сплава по объему электролита, вследствие замедленной диффузии ионов металла.

В процессе электроосаждения состав сплава можно поддерживать изменениями плотности тока и температуры электролита, не прибегая к корректированию электролита солями кобальта и цинка. В данной работе приведены система автоматизированного оптимального управления процессами нанесения гальванических покрытий и исполнительные механизмы регулирования параметров процесса электроосаждения сплава цинк-кобальт.

Подсистема моделирования гальванических процессов предназначена для отработки программного обеспечения по подсистемам управления автооператорами гальванической линии, плотности тока, температуры, кислотности, чистоты промывных вод и уровня электролита – для нового технологического процесса.

Подсистема осуществляет имитацию движения автооператоров в горизонтальном и вертикальном направлениях, моделирование технологических процессов, имитирующих изменения плотности тока, температуры, кислотности, чистоты промывных вод, уровня электролита.

В процессе контроля и регулирования параметров процесса в исходном состоянии опрашиваются датчики концентрации кобальта и цинка в электролите, температуры, pH, уровень электролита и др., сравниваются полученные данные с оптимальными значениями и выдается команда исполнительному механизму на регулировку параметров до пуска автоматической линии транспортировки деталей по технологической цепочке.

Таким образом, порядок операций следующий:

1. Для вновь поступающих деталей на гальваническое покрытие оператор заносит в память подсистемы "*Автоматическая перестройка системы*" входные параметры для настройки системы автоматизированного управления процессом и присваивает очередной шифр (наименование и вид покрытия).

2. Производится "опрос" датчиков концентраций кобальта и цинка в электролите, сравниваются значения имеющихся концентраций с оптимальными и выдается сигнал исполнительному механизму на корректировку электролита.

Если концентрация кобальта в электролите меньше минимального значения, то происходит включение сигнала аварийного состояния, выводится на печать документ о значении концентрации и подается сигнал на открытие клапана подачи определенной дозы концентрированного раствора кобальта. Длительность открытого клапана определяется по формуле

$$\tau = (C_{Co'o} - C_{Co'T}) \cdot V_B/(C_{Co'k} \cdot V_k), \qquad (1)$$

где $C_{Co'o}$, $C_{Co'T}$, $C_{Co'k}$ – оптимальная и текущая концентрация кобальта в электролите, концентрация корректировочного раствора, г/л;

V_B – объём гальванической ванны, л;

V_k – скорость подачи корректировочного раствора в ванну, л/м;

τ – длительность подачи корректировочного раствора в ванну, м;

Если концентрация цинка в электролите меньше минимальной, то подается сигнал исполнительному механизму на открытие клапана подачи концентрированного раствора цинка. Длительность открытого клапана определяется по формуле 1 при соответствующих концентрациях цинка ($C_{Zn'o}$; $C_{Zn'T}$; $C_{Zn'k}$) и скорости подачи корректировки раствора (V_k).

Если концентрация цинка в электролите больше максимальной, то включается сигнал аварийного состояния, выводится на печать документ о значении концентрации. После корректировки по цинку в память компьютера закладывается новая информация о концентрации цинка в электролите. Если концентрация цинка в электролите лежит в пределах граничных значений оптимального интервала, отключается сигнал аварийного состояния.

3. Далее отправляется запрос к датчику температуры, сравниваются значения текущей температуры (t_T) с нормой (t_0) и в случае если $t_T < t_0$, то дается сигнал на включение нагревательного устройства, если $t_T > t_0$, то подается сигнал на отключение нагревательного устройства.

4. Затем опрашивается датчик уровня электролита, сравнивается уровень электролита (y_T) с нормой (y_0). Если уровень электролита занижен от нормы, то дается сигнал исполнительному устройству на открытие клапана подачи дистиллированной (конденсат) воды в ванну до восстановления необходимого уровня. Если уровень электролита выше нормы, то включается сигнал аварийного состояния и выводится на печать документ о превышении уровня электролита нормы. Отключается сигнал аварийного состояния после установления уровня электролита до нормы.

5. Далее опрашивается датчик pH электролита, сравнивается значение pH электролита (pH_T) с граничными значениями (верхнее значение pH_B, нижнее значение pH_H). Если $pH_T > pH_B$, то дается сигнал исполнительному механизму на открытие клапана подачи корректировочного кислого раствора в ванну. Если $pH_T < pH_H$, то дается сигнал исполнительному механизму на открытие клапана подачи корректировочного щелочного раствора (гидроксид аммония) в ванну. Время открытия клапана подачи корректировочного раствора определяется по формуле

$$\tau = (C_T^{-pH} - C_O^{-pH}) \cdot V_B/(V_K \cdot C_K), \qquad (2)$$

где τ – длительность подачи корректировочного раствора, мин.;

C_K – концентрация подачи корректировочного раствора, г/л;

C_T^{-pH}, C_O^{-pH} – текущая и оптимальная концентрация кислоты в электролите, г-ион/л;

V_K – скорость подачи корректировочного раствора в ванну, л/м.

6. Рассчитывается оптимальная плотность тока по текущим значениям концентрации кобальта и цинка, температуры и pH электролита по формуле

$$i_{O,T} = i_O(C_{Co,T} \cdot C_{Zn,T} \cdot t_T \cdot pH_T) \qquad (3)$$

где $i_{O,T}$, i_O – текущая оптимальная и оптимальная плотность тока, А/дм^2 ;

$C_{Co,T}$; $C_{Zn,T}$ – текущая концентрация кобальта и цинка в электролите;

t_T, pH_T – текущие значения температуры и pH электролита.

7. Рассчитывается выход сплава по току по текущим параметрам концентрации кобальта (x_1), плотности тока (x_2), температуры (x_3), pH электролита (x_4) по уравнению регрессии.

8. Рассчитывается время электролиза для заданной толщины покрытия, заданной плотности тока и расчетной величины выхода по току по формуле

$$\tau = \delta \cdot \gamma \cdot 1000/(\kappa_{спл} \cdot i \cdot ВТ_к), \qquad (4)$$

где τ – время электролиза, час;

δ – толщина покрытия, мм;

γ – плотность покрытия, г/см^3;

$к_{спл}$ – электрохимический эквивалент сплава, г/(А·ч);

i – плотность тока, А/дм^2;

$ВТ_к$ – катодный выход по току, %.

9. Рассчитывается сила тока на загружаемую партию деталей по формуле

$$I = i_к \ S_к, \qquad (5)$$

где I – сила тока, А;

$i_к$ – плотность тока, А/дм^2;

$S_к$ – общая поверхность покрываемых деталей и подвески, дм^2.

Если отключены все сигналы аварийного состояния, то дается команда исполнительному механизму на пуск автоматизированной линии транспортировки деталей по технологической цепочке.

Контроль и регулирование параметров процесса во время работы автоматизированной линии производится следующим образом: отправляется запрос на датчики и регулируются параметры процесса электроосаждения через определенные промежутки времени. Рассмотрим это на примере электроосаждения сплава цинк-кобальт. В процессе электроосаждения сплава корректировка электролита по ионам осаждаемых металлов и pH нежелательна, т.к. она может привести к значительному разбросу состава сплава в разных участках гальванической ванны. Поддержание заданного состава сплава ведут регулированием величины плотности тока и температуры электролита в заданных граничных значениях. Порядок действий приведен ниже.

1. Происходит “опрос” датчиков концентрации кобальта и цинка в электролите и сравниваются их значения с оптимальными.

- Если концентрация цинка в электролите больше или меньше оптимального значения, то подается сигнал на перераспределение силы тока между цинковым и нерастворимым анодами.

Расчет величины тока, идущего на цинковый анод, ведется по формуле

$$l_{Zn}/l_{н.р} = R_{Zn}/R_{н.р} = I_{н.р}/I_{Zn} = C_{Zn,T} \cdot l_{Zn,0}/(C_{Zn,0} \cdot l_{н.р,0}), \quad (6)$$

где $l_{Zn,0}$; $R_{Zn,0}$; $l_{Zn,T}$; $R_{Zn,T}$ – длина плеча реостата и сопротивление цинкового анода, соответственно, при оптимальной и текущей концентрации цинка в электролите;

$C_{Zn,0}$, $C_{Zn,T}$ – оптимальная и текущая концентрации цинка;

I_{Zn}, $I_{н.р}$ – анодные токи цинкового и нерастворимого анодов;

$l_{Zn,0}/l_{н.р,0} = K$ – теоретическое соотношение плеч реостата при оптимальной концентрации цинка в электролите и оптимальных режимах осаждения.

Из уравнения (5) следует

$$l_{Zn}/l_{н.р} = K \cdot C_{Zn,T}/C_{Zn,0}. \quad (7)$$

- Если концентрация кобальта ниже оптимальной величины, то для поддержания заданного состава сплава следует изменить последовательно, в заданных границах, плотность тока и температуру до установления сплава заданного состава согласно уравнению

$$Y = 4{,}2 + 0{,}9x_1 + 1{,}15x_2 + 1{,}0x_3 + 0{,}8x_4 + 0{,}15x_1x_2 + 0{,}15x_2x_3 + 0{,}15x_2x_4, \quad (8)$$

где Y – оптимальный состав сплава;

x_1, x_2, x_3, x_4 – концентрация кобальта в электролите, плотность тока, температура и pH электролита.

В дальнейшем измененные параметры плотности тока и температуры электролита будут считаться «оптимальными» при расчетах времени электролиза и выхода сплава по току.

2. В процессе электроосаждения деталей одной загрузки определяется количество электричества, необходимое для получения покрытия заданной толщины по формуле

$$Q = \sum I_{ф} \cdot \tau \cdot ВТ_{к}, \quad (9)$$

где $I_{ф}$ – фактическое значение силы тока, прошедшего через ванну при покрытии деталей одной загрузки в течение времени τ.

3. В процессе электролиза через каждые 0,1-0,2 от времени электролиза происходит “опрос” датчиков температуры, pH электролита, уровня электролита, корректируется плотность тока и определяется действенное время электролиза.

4. По истечении расчетного времени τ подается сигнал исполнительному механизму об отключении тока на ванне и подъёме подвески с деталями из ванны.

Таким образом, разработанная система автоматизированного оптимального управления процессом позволит получать гальванические покрытия с заданным составом сплава и при оптимальных режимах осаждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков В.А., Виноградов О.С., Гуляева Н.А., Кревский И.Г. Программные средства для минимизации потребления воды в гальванотехнике на стадии промывки // Открытое образование. – 2011. – № 2(85). – С. 251–254.

2. Виноградов О.С., Гуляева Н.А., Пчелинцева О.Н. Инновации при автоматизации в гальванотехнике // Новые технологии в образовании, науке и экономике : Труды XVI Международного симпозиума о. Тенерифе (Испания). – М. : Изд-во ИИЦ Фонда поддержки вузов, 2007. – С. 67–73.

УДК: 66.063.61:537.84

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СМЕСИТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК

© ***К.В. Таранцев***, *Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

© ***Д.Д. Токарев***, *Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

ANALYSIS DESIGN OF MIXERS USED FOR SYSTEMS OF ELECTRIC DESALTED

© ***K.V. Tarantsev***, *Penza State University (Penza, Russia)*

© ***D.D. Tokarev***, *Penza State University (Penza, Russia)*

Произведен анализ конструкций смесителей для получения водонефтяных эмульсий. Показано, что инжекторные смесители позволяют создавать и регулировать электрическое поле, а гидродинамические условия в этих аппаратах благоприятны для организации процесса электрогидродинамического диспергирования. Кроме того, инжекторные смесители отличаются простотой в изготовлении, и в них отсутствуют подвижные элементы. Совмещение элементов инжекторного и струйного смесителя с использованием электрогидродинамического метода является перспективным при разработке конструкций для создания водонефтяных эмульсий.

Ключевые слова: смеситель, водонефтяная эмульсия, конструкция, модернизация, электрогидродинамический метод, смеситель инжекторного типа.

The analysis of mixers for oil-water emulsions was made. It is shown that injection mixers allow you to create and regulate the electric field, and the hydrodynamic conditions in these devices are favorable for the process of electro hydrodynamic dispersion. Furthermore, injection mixers are easy to manufacture and has no moving parts. Combining elements of the injection and jet mixer, with using electro hydrodynamic method is promising for the development of structures for the creation of water-oil emulsions.

Key words: mixer, water-oil emulsion, construction, modernization, electro hydrodynamic method, mixer of injection type.

Поступающая из нефтяных скважин продукция представляет собой смесь нефти, пластовых вод, попутного (нефтяного) газа, твердых частиц механических примесей.

Пластовые воды, добываемые с нефтью и образующие с ней дисперсную систему, содержат, как правило, значительное количество растворимых минеральных солей. Содержание солей в нефти нередко достигает 2000–3000 мг/л и в отдельных случаях доходит до 0,4–0,3 %. Особенно большое количество пластовой воды до 80–90 % содержится в нефти на завершающей стадии эксплуатации нефтяных месторождений, т.е. с каждым кубометром нефти извлекается около 4 м^3 воды.

Наличие солей в нефти осложняет ее переработку. Наибольший вред на работу установок промысловой подготовки и переработки оказывают хлористые соли. Хлориды, в особенности кальций и магний, гидролизуют-

ся с образованием соляной кислоты даже при низких температурах. Под действием соляной кислоты происходит коррозионное повреждение нефтеперегонной аппаратуры, что приводит к длительным простоям аппаратуры технологических установок. Соли откладываются в трубах, уменьшают их проходные сечения, что в значительной степени снижает производительность. Под воздействием минеральных солей сокращается срок службы дорогостоящих катализаторов. Кроме того, соли, накапливаясь в остаточных нефтепродуктах – мазуте, гудроне и коксе – значительно ухудшают их качество, что приводит к отказу от их выработки [12].

Для полного удаления солей вся нефть подвергается обессоливанию на специальных электрообессоливающих установках (ЭЛОУ). С этой целью нефть интенсивно смешивается с пресной водой в смесителях или в сырьевых насосах, а образовавшаяся эмульсия воды в нефти разрушается и расслаивается в электродегидраторах.

Качество обессоливания нефти на ЭЛОУ определяется не только эффективностью электродегидратора, но и целым рядом технологических факторов, важнейшим из которых является организация процесса смешения нефти с промывочной водой, в том числе конструкция смесителя. Если конструкция смесителя и технологический регламент его эксплуатации не обеспечивают достаточный уровень диспергации и смешения, то уменьшается взаимодействие минерализованной и пресной воды, вследствие чего соли плохо вымываются из нефти. С учётом этого было разработано и внедрено несколько конструкций смесителей. Назначение этих смесителей – диспергирование воды и ее равномерное распределение в объеме нефти.

В смесительном клапане интенсивность смешения можно регулировать в широких пределах изменением перепада давления, который на действующих ЭЛОУ колеблется в пределах 0,05–0,20 МПа.

Смесительный клапан имеет корпус с тремя присоединительными патрубками. В два патрубка – боковой и нижний – поступают смешиваемые среды, а второй боковой патрубок служит для отвода полученной смеси. Смесительные клапаны выполняются с двухседельным корпусом сборной или цельнолитой конструкции с полым плунжером (рис. 1), но применяются и конструкции с профилированным полым плунжером. В корпусах смесительных клапанов регулирование происходит одновременно в двух седлах – верхнем и нижнем. Подача смешиваемых компонентов происходит через верхнее и нижнее седла в расположенную между ними смесительную полость корпуса, откуда полученная смесь через боковой выходной патрубок поступает по назначению.

Конструкция со сборным корпусом, показанная на рисунке 1, является достаточно технологичной как для механической обработки, так и для сборки.

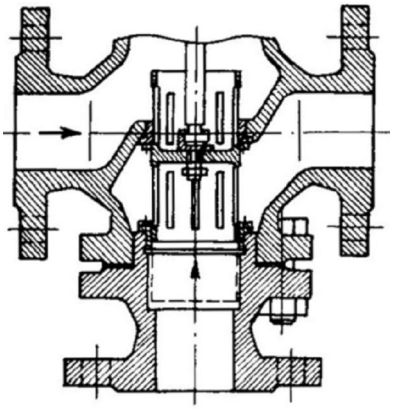


Рисунок 1 – Смесительный клапан с полым плунжером

Двухседельный корпус образуется путем соединения односедельного корпуса с нижним патрубком, имеющим седло для плунжера и присоединительный фланец. Плунжер в виде полого цилиндра с перемычкой для присоединения к штоку имеет продольные окна, форма и размеры которых определяют гидравлическую характеристику регулятора. При перемещении плунжера вниз сечения отверстий, через которые проходит среда из левого патрубка (верхнее седло) в смесительную полость корпуса, увеличиваются, а сечения, через которые проходит среда из нижнего патрубка, уменьшаются. На пропускную способность клапана при прохождении среды через верхнее седло не влияет поток из нижнего седла, поэтому расход среды через клапаны рассчитывается как сумма расходов через верхнее и нижнее седла. Эта сумма, естественно, не должна превышать максимальный расход среды, создаваемый при полном открытии клапана. Если площади окон полого плунжера для верхнего и нижнего седел равны, то общая пропускная способность клапана остается постоянной на всем протяжении хода, в противном случае пропускная способность клапана изменяется с ходом плунжера.

На рисунке 2 представлен общий вид смесителя нефти с водой СНВ, который включает цилиндрический корпус 1, вихревую камеру в виде параболоида вращения для создания акустического волнового поля 2, успокоитель 3, устройство закручивания потока 4, патрубок ввода воды 5, нагнетательный патрубок для ввода нефти и состава для обезвоживания нефти.

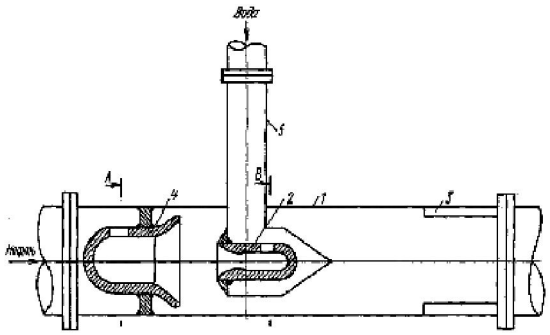


Рисунок 2 – Общий вид смесителя нефти с водой СНВ

Принцип работы смесителя следующий. Нефть через тангенциальные входные отверстия устройства для закручивания нефти 4 поступает в аппарат 1, вода по патрубку 5 поступает в вихревую камеру 2, закручивается, и при движении потока воды по параболоиду вращения образуется акустическое волновое поле, в котором вода активируется, одновременно активируется поток нефти в смеси с деэмульгатором. Оба потока интенсивно смешиваются. После интенсивного вихревого взаимодействия поток стабилизируется в успокоителе 3, затем полученная эмульсия поступает на ЭЛОУ [8].

Смеситель пресной воды СПВ, представленный на рисунке 3, предназначен для ввода пресной воды в нефтяную эмульсию и для их дальнейшего интенсивного перемешивания с целью обессоливания нефти в составе установки подготовки нефти.

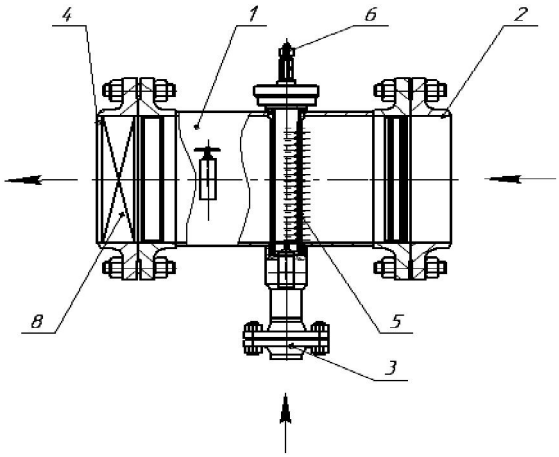


Рисунок 3 – Смеситель пресной воды СПВ: 1 – корпус, 2 – ввод эмульсии, 3 – ввод воды, 4 – вывод смеси, 5 – регулируемая форсунка, 6 – гидродинамический диспергатор, 7 – привод форсунки

Отличительные особенности смесителя пресной воды: возможность плавного регулирования дисперсности промывной воды; минимальная потеря давления потока эмульсии [7].

Многосекционный смеситель ПР-1 (рис. 4) эффективен для смешения капель соленой и промывочной воды при обессоливании нефти, а также для перемешивания потока при малых его расходах [6].

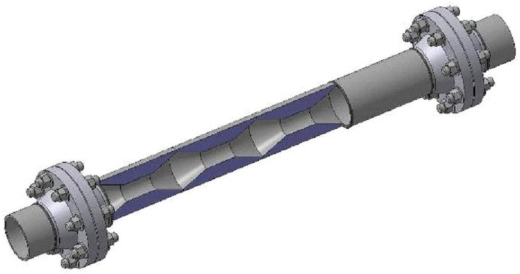


Рисунок 4 – Смеситель ПР-1 многосекционный

Назначение смесителя ПР-1 – перемешивание пресной промывочной воды при обессоливании нефти, а также для смешения химреагента (деэмульгаторы, ингибиторы коррозии, средства, понижающие вязкость потока и др.), вводимого в поток магистрального трубопровода.

Отличительные признаки, характеризующие технологичность смесителя ПР-1 и его преимущество перед отечественными и зарубежными аналогами: эффективность перемешивания (отношение расхода энергии потока к среднему диаметру диспергированных включений); применяемый способ перемешивания; индивидуальное изготовление устройства по рабочим параметрам трубопровода; компактность; вес устройства; минимальная подверженность засорению в процессе эксплуатации; удобство в обслуживании и эксплуатации; срок службы устройства не менее 10 лет.

Инжектор (рис. 5) – это струйный аппарат, в котором давление одного (пассивного) потока увеличивается за счет его смешения с другим (активным) потоком, имеющим более высокое давление.

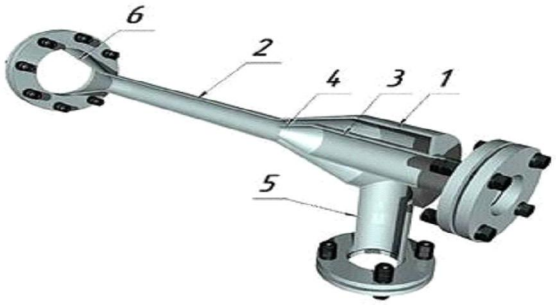


Рисунок 5 – Классический тип струйного инжектора (насоса) в разрезе: 1 – камера разряжения, или камера всасывания инжектируемой среды; 2 – канал (камера) смешения двух потоков; 3 – канал подачи инжектирующей среды; 4 – сопло канала подачи инжектирующей среды; 5 – патрубок всасывания (забора) инжектируемой среды; 6 – выходной диффузор инжектора

Поток инжектирующей жидкости, выходящий под давлением и с высокой скоростью через сопло, создаёт область низкого давления в камере разряжения. За счёт перепада внешнего и внутреннего давлений в камере разряжения инжектируемая жидкость поступает в инжектор. Объём инжектируемой среды зависит от степени разряжения в камере, технических параметров устройства (коэффициент инжекции). В камере смешения происходит смешивание двух потоков: инжектируемого и инжектирующего. Возникает общий результирующий поток, скорость течения которого выше, чем у всасывающей жидкости. После смешения поток попадает в диффузор, где происходит преобразование скорости потока в статическое давление. Давление смеси на выходе струйного инжектора может превышать давление пассивной среды на входе в аппарат до определённых значений.

Режим работы устройства зависит от входных, выходных параметров среды. При подключении устройства в систему в нерасчётном режиме может произойти отказ работы, вплоть до полного запирания.

Преимущества струйных инжекторов: отсутствие движущихся деталей; малые габаритные размеры и масса; простота обслуживания.

Для установки в каждую конкретную технологическую схему требуется индивидуальная подгонка параметров [8].

Инжекторные смесители позволяют создавать и регулировать электрическое поле, а гидродинамические условия в этих аппаратах благоприятны для организации процесса электрогидродинамического диспергирования. Кроме того, инжекторные смесители отличаются простотой в изготовлении, и в них отсутствуют подвижные элементы.

Совмещение элементов инжекторного и струйного смесителя с использованием электрогидродинамического метода является перспективным при разработке конструкций для создания водонефтяных эмульсий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таранцев К.В., Таранцева К.Р. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2001. – № 11. – С. 7–9.

2. Таранцев К.В., Таранцева К.Р. Конструкции электрогидродинамических эмульгаторов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2002. – № 8. – С. 7–8.

3. Таранцев К.В., Таранцева К.Р. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2002. – № 10. – С. 6-8.

4. Таранцев К.В. Исследование электрогидродинамических течений сред на границе раздела фаз газ – жидкость // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2009. – № 11. – С. 8-10.

5. http://www.oil-gas.ru/companies/247/serv_prod/p728/

6. http://www.valshin.ru/ru/smesiteli/

7. http://d-snab.com/content/струйные-эжекторы-струйные-насосы-0

8. http://dis.podelise.ru/text/index-26298.html?page=2

9. http://weldingsite.com.ua/rds.html

10. http://www.irtek.ru/company/predpriyatiya/oao_kurganhimmash/?pageprint=Y

11. Таранцев К.В., Коростелева А.В. // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2011. – № 26. – С. 666–671. – (Физико-математические и технические науки).

12. Хафизов Н.Н. Разработка технологии обессоливания нефти на нефтепромыслах : Дис. ...канд. техн. наук. – Уфа, 2009. – 143 с.

УДК 621.793; 621.794; 621.357.7

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ НАНЕСЕНИЕ ЦИНКСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ

© ***В.А. Казаков***, *Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства (г. Пенза, Россия)*

© ***О.С. Виноградов***, *Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства (г. Пенза, Россия)*

© ***Н.А. Виноградова***, *Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства (г. Пенза, Россия)*

© ***М.В. Глебов***, *Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

© ***С.В. Кабанов***, *Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

AUTOMATED ECOLOGICALLY SAFE COVERING ZINKCONTAINING SURFACES

© ***V.A. Kazakov***, *Penza region Higher school Centre Russia State University of Innovative Technologies and Business (Penza, Russia)*

© ***O.S. Vinogradov***, *Penza region Higher school Centre Russia State University of Innovative Technologies and Business (Penza, Russia)*

© ***N.A. Vinogradova***, *Penza region Higher school Centre Russia State University of Innovative Technologies and Business (Penza, Russia)*

© ***M.V. Glebov***, *Penza State University (Penza, Russia)*

© ***S.V. Kabanov***, *Penza State University (Penza, Russia)*

Статья содержит сведения о применении средств автоматизации и программного обеспечения в целях снижения экологической опасности процесса нанесения покрытий электролитическим способом. Показано влияние системы промывки деталей на количество образующихся сточных вод.

Ключевые слова: электрохимические производства, экология, сточные воды, автоматизация.

The article contains data about usage the means of automation and soft with the aim to minimize ecological threat onto process of covering surfaces by electrolytic way. The influence of washing through pants system on the quantity of made up sewerage is well shown here.

Key words: electrochemical production, ecology, sewerage, automation.

E-mail: woinova53@mail.ru

Нанесение металлических покрытий электролитическим способом связано с рядом проблем экологического характера. Электрохимическое производство работает с водными растворами, в результате образуются кон-

центрированные по ионам металлов сточные воды. Стоки образуются в основном на стадиях промывки деталей, куда попадают компоненты растворов, вынесенные с основных технологических операций. Требование тщательной отмывки деталей от растворов электролитов, травильных и обезжировочных смесей приводит к необходимости частой смены воды в промывочных ваннах.

Проблема обезвреживания стоков очень остро стоит на современных гальванических предприятиях России. В настоящее время предложено несколько вариантов очистки сточных вод, но в полной мере реализовать качественное обезвреживание гальванических стоков проблематично. Это связано либо с высокой себестоимостью очистки (например, ионообменная или электрофлотационная очистка), либо с невозможностью достижения требований ПДК (реагентная очистка). Соответственно решать проблему стоков надо не столько за счет системы очистки, сколько за счет уменьшения количества промывных вод, сливаемых в канализацию.

В целях создания бессточных (малоотходных) технологий нанесения гальванических покрытий и перспективных электролитов необходимо наиболее полно использовать средства автоматизации. Такой подход позволяет экономить водные ресурсы, компоненты растворов, а также время по выбору наиболее эффективного варианта. Рассмотрим возможности ванн промывки и улавливания для возвращения ценных компонентов в технологический процесс. Используя разработанную нами компьютерную программу, можно рассчитать эффективность применения ванн промывки, каскада или ванн улавливания в различных сочетаниях [1, 2].

К примеру, для получения коррозионностойкого покрытия цинк-никель можно использовать электролит следующего состава (г/л) [3]:

- сульфат цинка (по металлу) 30;
- хлорид никеля (по металлу) 20;
- ацетат натрия 20;
- хлорид аммония 20;
- сахарин 2;
- гидроксид аммония до pH=9.

Соотношение Me: NH_2CH_2COOH 1:2

Рассматривая данный электролит с экологической точки зрения, необходимо отметить использование таких металлов, как цинк и никель. Несмотря на выбор наименее опасного комплексообразователя и вспомогательных веществ в электролите, он из-за присутствия ионов никеля в высокой концентрации представляет собой довольно опасный раствор. Поэтому правильный выбор системы промывки даст возможность снизить количество промывных вод и тем самым уменьшить нагрузку на заводские очистные сооружения и впоследствии предотвратить попадание ионов тяжелого металла (никеля) в природные водоемы [4].

Произведем расчеты расхода воды на промывку для разных вариантов, используя следующие обозначения: Т – технологическая ванна; У – ванна

улавливания; П – одинарная ванна промывки; 2КП – двухкаскадная ванна промывки; 3КП – трёхкаскадная ванна промывки; q – удельный унос раствора поверхностью деталей; F – производительность линии; K – кратность разбавления, равная C_o/C_n; C_o – концентрация отмываемого компонента в технологической ванне; C_n – концентрация отмываемого компонента в последней по ходу движения деталей ступени промывки (рис. 1, 2).

Рисунок 1 – Расчеты расхода воды по цинксодержащим стокам

Рисунок 2 – Расчеты расхода воды по никельсодержащим стокам

Из-за того что ПДК никеля в десять раз жестче цинка, несмотря на его меньшую концентрацию, видно, что расход воды следует считать именно по никелю (рис. 2). Использование последовательности "технологическая ванна – промывка" требует огромного количества воды, в то время как установка трёх-каскадной ванны промывки позволяет снизить расход более чем в 100 раз.

При разработке новых электролитов исследователи вынуждены проводить серию однообразных экспериментов в целях выявления оптимальных параметров электроосаждения. Применяя математическое моделирование, можно значительно ускорить этот процесс и подобрать режимы и параметры для получения качественных покрытий с минимальной экологической опасностью для окружающей среды.

Используя разработанную подсистему контроля и управления чистотой промывных вод, которая направлена на поддержание чистоты промывных вод, можно поддерживать концентрации солей в промывных водах ниже предельно-допустимых значений и сокращать расход воды.

На рисунке 3 приведена блок-схема подсистемы управления чистотой промывных вод.

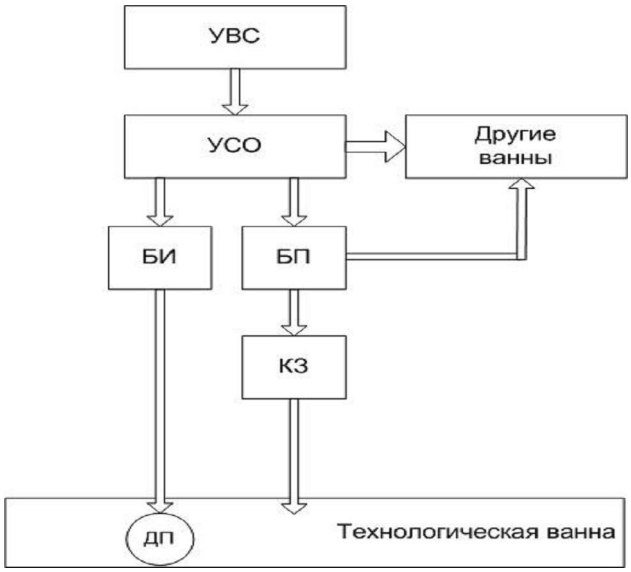


Рисунок 3 – Блок-схема подсистемы управления чистотой промывной воды: БИ – блок измерительный; ДП – датчик погружной; БП – блок переключения; КЗ – клапан запорный

Измерительный блок контролирует удельную электропроводность, сравнивает с предельно-допустимой величиной электропроводности и дает сигнал на регулирование подачи промывной воды.

Для оптимизации процесса перемещения подвесок с учетом установки ванн улавливания для создания максимально замкнутого водооборотного цикла используется подсистема управления автооператорами. Она предназначена для движения автооператоров в соответствии с параметра-

ми технологии обработки деталей, а также управления загрузкой и разгрузкой обрабатываемых деталей.

На рисунке 4 представлена блок-схема подсистемы управления автооператорами гальванической линии.

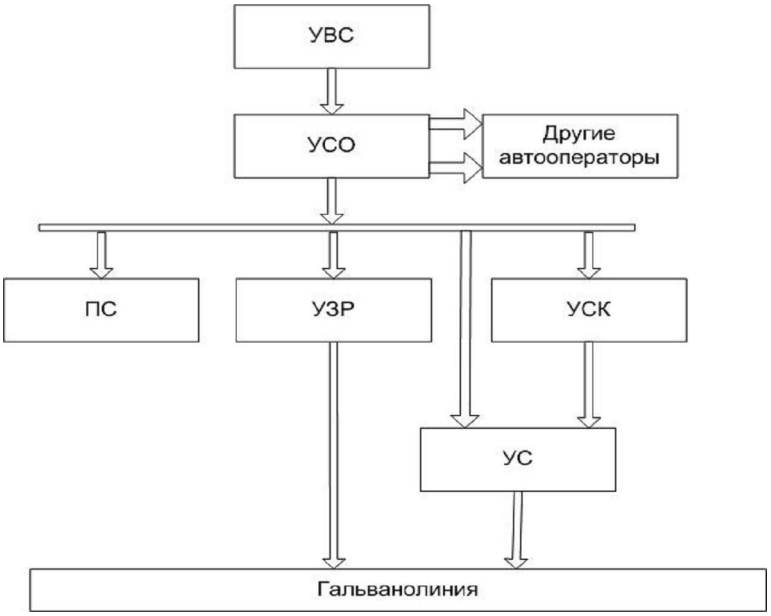


Рисунок 4 – Блок-схема подсистемы управления автооператорами гальванической линии (УВС – управляющая вычислительная система; УСО – устройство связи УВС с объектом; ПС – пульт сигнализации; УЗР – устройство загрузки – разгрузки деталей; УСК – устройство сравнения кодов; УС – устройство согласования)

Пульт сигнализации предназначен для выдачи следующих сигналов:

- готовность гальваноавтомата к работе;
- необходимость навешивания подвесок на раму автооператора.

Устройство загрузки-выгрузки предназначено для приема, накопления и подачи подвесок на позицию, загрузки гальваноавтомата, а также приема подвесок с гальваноавтомата.

Устройство сравнения кодов предназначено для сравнения адреса, заданного от УВС, с текущим положением автооператора. При достижении автооператором заданного адреса УСК выдает управляющие воздействия на остановку автооператора.

Устройство согласования предназначено для связи гальваноавтомата с УВС.

Применение средств автоматизации и программирования при проектировании новых и пересмотре существующих технологий позволяет выявить слабые места и скорректировать их. Грамотный выбор экологически наименее опасной технологии нанесения покрытия и водосберегающей системы промывки деталей позволит значительно снизить экологическую опасность электрохимического производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казаков В.А., Виноградов О.С., Гуляева Н.А. Методические подходы к расчету экономии водоресурсов в гальваническом производстве // Экономика и управление. – 2010. – № 11 (61). – С. 69–74.

2. Казаков В.А., Виноградов О.С., Гуляева Н.А., Кревский И.Г. Программные средства для минимизации потребления воды в гальванотехнике на стадии промывки // Открытое образование. – 2011. – № 2. – С. 251–254

3. Виноградов С.Н., Вантеев А.Н., Наумов Л.В., Кучерявая Г.И. Электроосаждение сплавов на нестационарных режимах электролиза // Гальванотехника, обработка поверхности и экология в XXI веке : Сб. ежегодной Всероссийской научно-практической конференции и выставки. – М. : Издат. центр РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2002. – С. 22

4. Казаков В.А., Виноградов О.С., Кревский И.Г., Гуляева Н.А. Моделирование типа гальванического покрытия в автоматизированном производстве деталей // Экономика и управление. – 2011. – № 4 (66). – С. 87–92.

УДК 504.75

О СОВОКУПНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЁМОВ

© ***О.А Логвина,*** *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***А.Ф. Зубков,*** *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***Т.А. Шарков****, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

OF COMPREHENSIVE EXPOSURE TO VARIOUS TYPES OF POLLUTION OF RESERVOIRS

© ***O.A. Logvina****, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***A.F. Zubkov****, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***T.A. Sharkov****, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья освещает необходимость учёта совокупного воздействия на водную среду химического и радиационного; химического и термального; бактериального и химического; термального и бактериального загрязнения, а также более чем двух видов загрязнения одновременно.

Ключевые слова: химическое загрязнение, радиационное загрязнение, термальное загрязнение, бактериального загрязнение.

The article highlights the need to consider cumulative impacts on the environment of chemical and radiation, chemical and thermal, bacterial and chemical, thermal and bacterial contamination, as well as a more than two types of pollution at the same time.

Key words: chemical pollution, radiation pollution, thermal pollution, bacterial pollution.

E-mail: Olga_kr@list.ru

Одним из замечательных и драгоценных ресурсов на планете является естественный водный цикл, признанный регулятором различных энергетических процессов и весьма необходимый для существования всего человечества. И сейчас нет уже необходимости говорить о важности срочности решения усложняющихся экологических проблем [1].

Науке известно более 2,5 тыс. загрязняющих веществ, и в некоторых странах составлены списки приоритетных загрязнителей природной среды, что необходимо для оценки качества водной среды [1]. Обычно рассматриваются такие виды загрязнения поверхностных и подземных вод, как: механическое (повышенное содержание механических примесей); химическое (органические и неорганические вещества токсического и нетоксического действия); бактериальное (патогенные микроорганизмы, грибы и мелкие водоросли); радиоактивное (радиоактивные вещества); тепловое (подогретая вода).

Современные комплексные методики оценки качества водного объекта позволяют учесть большое количество аспектов экологического состояния водоемов, но они зачастую не учитывают взаимное влияние загрязняющих факторов. Так, было проведено большое количество экспериментальных исследований по моделированию изолированного воздействия химического и радиационного факторов на организм человека и животных. Однако данные исследования проводились без учета влияния на организм химических веществ и ионизирующего излучения при сочетанном их воздействии.

Радиационное загрязнение окружающей среды, вследствие аварий на атомных электростанциях, также химические выбросы в атмосферу при работе производственных предприятий поставили вопрос об исследовании совокупного их воздействия на организмы человека и животных. Комплексное радиационно-химическое воздействие отличается эффектом взаимного усиления и характеризуется более выраженными нарушениями в организме животных, в сравнении с воздействием каждого из повреждающих факторов в отдельности.

Достаточно хорошо изучены и такие виды загрязнения водной среды, как химическое и тепловое. Химическое и нефтяное загрязнения, избыток органических и минеральных веществ, поступают со смывом удобрений с полей. Однако те же водоёмы часто подвергаются и тепловому загрязнению, характеризующемуся увеличением температуры выше естественного уровня. Основные его источники – сброс в водоемы подогретой воды с промышленных предприятий и тепловых электростанций в реки и озера. Такая вода практически всегда подвергается одновременно химическим и нефтяным загрязнениям, поэтому необходимо учитывать их совокупное влияние на среду.

Бактериальное загрязнение возникает как следствие сброса насыщенных органическими веществами бытовых сточных вод. Его интенсивность определяется численностью населения и эффективностью работы очистных сооружений. Повышенная концентрация бактерий наблюдается в водах пор-

тов, на рейдах, у пляжей и в районе выхода канализационных систем. Концентрация их снижается при удалении от берега в результате динамического воздействия волн и течений. Взаимное влияние различных загрязняющих факторов иногда приводит к парадоксальным результатам. Известен факт некоторого самоочищения воды в результате слива в один резервуар промышленных и бытовых стоков. Агрессивные бактерии насыщенных органическими веществами бытовых сточных вод частично разлагают химические и нефтяные примеси. К сожалению, этот факт мало изучен и используется на чисто практическом уровне.

Повышение температуры воды даже на один градус повышает активность бактерий и их способность к выживанию и размножению. В результате совместное воздействие только двух таких факторов уже должно приводить к резкому ухудшению ситуации, что имело место, к примеру, при загрязнении Сурского водохранилища зелёными водорослями летом 2010 года. Обычная степень загрязнения в совокупности с необычной жарой привели к плачевному результату, что позволяет качественно оценить совокупное влияние таких факторов, как термальное и бактериальное загрязнение [5].

Данные примеры наглядно показывают необходимость учёта именно совокупного воздействия на среду химического и радиационного; химического и термального; бактериального и химического; термального и бактериального загрязнения. Тем более не рассматриваются воздействия более чем двух видов загрязнения одновременно, например химического, термального и радиационного [4].

Сложность проведения соответствующих исследований на практике очевидна: требуется учитывать слишком много различных факторов воздействия. Поэтому мы и предлагаем к обсуждению моделирование совокупного воздействия различных видов загрязнения на водную среду.

Обычно при большом числе исследуемых факторов вместо полного факторного эксперимента используют дробный факторный эксперимент, при котором потребное число испытаний в несколько раз меньше, чем при полном факторном эксперименте. С ростом числа факторов возрастает и дробность применяемых реплик. При этом некоторыми взаимодействиями пренебрегают, но это ведет к определенному риску и поэтому вопрос о том, какими эффектами взаимодействия можно пренебречь, решают до постановки эксперимента по дробным репликам [2].

Входные переменные параметры и неконтролируемое случайное воздействие определяют состояние исследуемого объекта. Основным требованием к факторам является их управляемость, т.е. возможность выбора и изменения их значений. На практике обычно варьируют один, реже два фактора, остальные фиксируют на определенном уровне, поддерживая их в течение всего эксперимента. Выбор плана эксперимента зависит от конкретных особенностей исследуемого объекта: стоимости отдельных опытов и их необходимого количества, длительности исследования, области варьирования независимых факторов, требований к точности исследования и др. [2, 3]. Минимально возможное число экспериментов

$$N = K + 1,$$

где K – число оцениваемых параметров модели.

В тех случаях когда вид исследуемой модели априори неизвестен, на первом этапе целесообразно использовать линейную модель с небольшой областью варьирования параметров.

После анализа результатов линейной модели и отсеивания малозначащих факторов расширяют область варьирования оставшихся неизвестных факторов, проводят достаточное для оценки адекватности модели число испытаний и, если модель неадекватна, переходят к плану второго порядка.

Оптимальный план второго порядка (для квадратичной модели) целесообразно строить так, чтобы он включал точки оптимального плана линейной модели, что также позволяет сократить потребное число опытов. Планы квадратичных моделей, построенные путем добавления точек к плану линейной модели, называются композиционными планами второго порядка. При этом регрессионную модель подбирают последовательно, достраивая исходную линейную модель до полной квадратичной модели, что дает возможность ограничиться полным факторным экспериментом типа 2^K, не прибегая к полному факторному эксперименту типа 3^K.

Таким образом, на современном этапе развития технологий очистки существует вероятность снижения до минимума загрязнения водной среды при наличии учета всех совокупных видов загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ загрязненной воды: практическое руководство / Ю.С. Дугов, А.А. Родин. – М. : БИНОРМ. Лабораторные знания, 2012. – 676 с.

2. Зубков А.Ф., Щербань А.Б., Семёнов И.А. Структурно-синтаксический подход к поиску альтернатив управления сложными системами // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – СПбГПУ : Изд-во Политехнического университета, 2010. – № 3 (101). – С. 45–49.

3. Коновалов В.В., Логвина О.А. Моделирование состояния экологической системы // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Научно-методический журнал. – Пенза : ПГТА, 2012. – № 02(06). – С. 159–162. – (Экология).

4. Логвина О.А. Количественные критерии оценки состояния сложных систем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Научно-методический журнал. – Пенза : ПГТА, 2012. – № 02(06) – С. 95–102. – (Экология).

5. Логвина О.А., Бубнова Н.Я., Горячева А.А., Логвин Ю.О. Проблема термального загрязнения // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Научно-методический журнал. – Пенза : ПГТА, 2012. – № 02(06). – С. 73–79. – (Экология).

УДК: 66.063.61:537.84

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКОВ В СМЕСИТЕЛЯХ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК

© ***К.В. Таранцев***, *Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

© ***Д.Д. Токарев***, *Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

NUMERICAL SIMULATION FLOW HYDRODYNAMICS IN A MIXER OF ELECTRIC DESALTED PLANTS

© ***K.V. Tarantsev***, *Penza State University (Penza, Russia)*

© ***D.D. Tokarev***, *Penza State University (Penza, Russia)*

Представлены результаты численного моделирования процессов получения водонефтяных эмульсий в Salome-MECA, а также моделирования электрических полей, полей скорости и давления в граничных условиях, соответствующих разрабатываемым аппаратам. На основе анализа полученных данных предложены варианты выполнения электродиспергаторов.

Ключевые слова: численное моделирование, пакет Salome-MECA, водонефтяные эмульсии, смеситель инжекторного типа.

The results of numerical modeling of processes of oil-water emulsions in Salome-MECA, as well as the modeling of electric fields, the velocity and pressure fields in the boundary conditions corresponding to the devices are presented. Based on the analysis of the data suggested embodiments elektrodispergatorov are proposed.

Key words: numerical simulation package Salome-MECA, water-oil emulsion mixer of injection type.

Моделирование процессов смешения жидкостей вода – нефть проведено на основании уравнения Навье – Стокса и неразрывности потока, описывающего течение несжимаемой жидкости:

$$\begin{cases} \rho\dfrac{\partial u}{\partial t} + \rho(u\cdot\nabla)u = \nabla\cdot[-pI + \eta(\nabla u + (\nabla u)^T)] + F_{st} + \rho g + F_1 + F_2 \\ \nabla\cdot u = 0, \end{cases}$$

где ρ – плотность (кг/м^3); u – скорость потока (м/с); η – динамическая вязкость (Па$\cdot$с); p – давление (Па); I – единичный тензор; $\eta\ (\nabla u+(\nabla u)^T)$ – тензор вязких напряжений; g – ускорение свободного падения (м/с^2); F_{st} – силы на границе раздела (Н/м^3); F – дополнительная объемная сила электрического поля (Н/м^3).

Для анализа характера распределения поля скоростей и давления в рабочей зоне смесителей были созданы модели с использованием открытой интегральной программной платформы для выполнения численных расчетов – Salome. В качестве примера расширений выступает пакет Salome-MECA. Это некоммерческий продукт. Он имеет встроенную поддержку таких решателей, как Code-Aster (структурный анализ) и Code-Saturne (анализ течения жидкостей и газов) [3].

Строим геометрию инжекторного смесителя. Запускаем Salome. Выбираем меню File – New. Интерфейс Salome состоит из нескольких логических

секций, представленных на рисунке 1: меню; панель инструментов, панель объектов (с древовидным отображением), рабочая область; строка состояния.

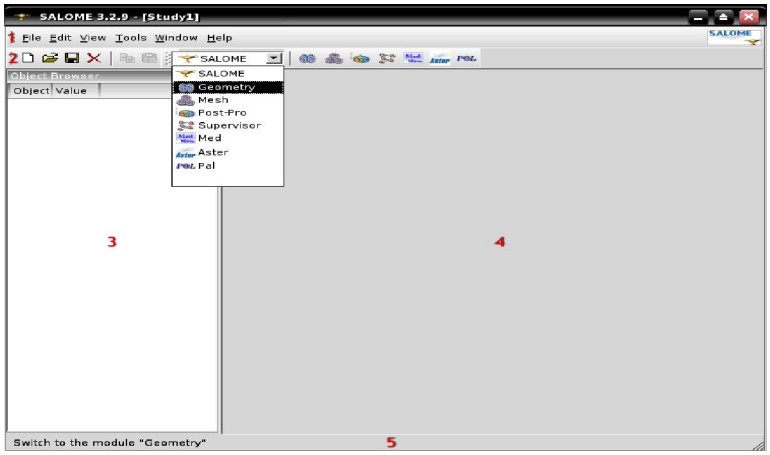


Рисунок 1 – Окно программы Salome

В панели инструментов выбираем выпадающее меню и выбираем модуль Geometry. Выбираем пункт Create box. Создаем внешнюю поверхность канала подачи инжектирующей среды (Cylinder_1, Cone_1, Cylinder_2) по базовой точке, вектору, радиусу и длине. С помощью операции Translation перемещаем элементы на необходимое расстояние. Выбираем булеву операцию Fuse (объединение), объединяем данные тела в один элемент Fuse_2. Таким же образом задаем внутреннюю поверхность канала подачи инжектирующей среды (Cylinder_3, Cone_2, Cylinder_4) и получаем элемент Fuse_4. Создаем патрубок и камеру всасывания инжектируемой среды (Cylinder_5, Cone_3, Cylinder_7) и после объединения получаем элемент Fuse_5. С помощью булевой операции Cut (вырезание) вычитаем Fuse_2, получаем элемент Cut_1. Объединяем получившийся элемент с элементом Fuse_4, получаем элемент Fuse_6. Создаем камеру смешения и диффузор (Cylinder_8, Cone_4), объединяем получившиеся тела в один элемент Fuse_9, представленный на рисунке 2.

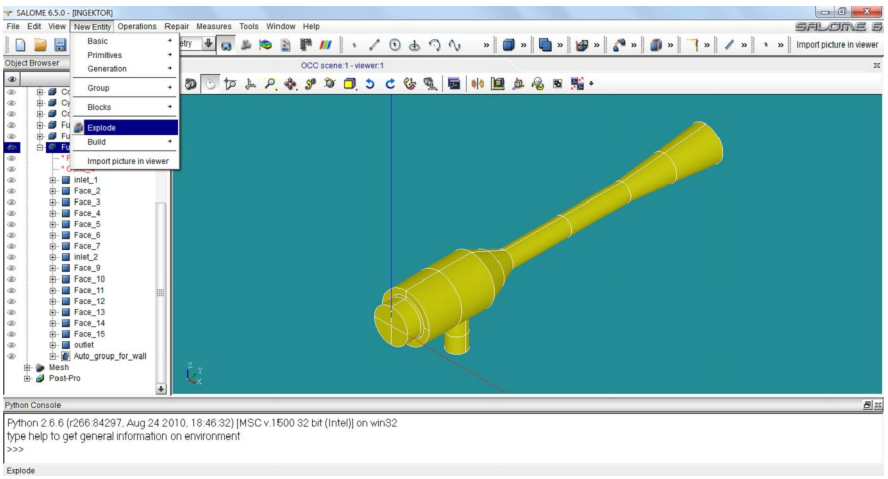


Рисунок 2 – Геометрия инжекторного смесителя (элемент Fuse_9) Операция Explode

Выбираем пункт New Entity – Explode и разбиваем нашу геометрию на поверхности Face. Задаем вход нефти (inlet_1), вход воды (inlet_2), выход эмульсии (outlet), стенки (wall).

В панели инструментов выбираем модуль Mesh. Задаем Hypotheses (гипотеза) и Algorithms (алгоритм) для Fuse_9 и рассчитываем сетку Mesh_1. Выбираем пункт Mesh – Create Group и задаем inlet_1, inlet_2, outlet, wall.

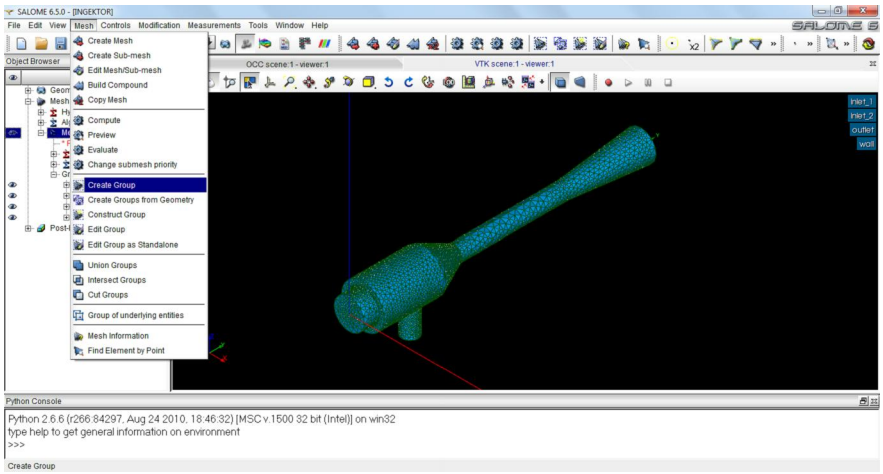


Рисунок 3 – Модуль Mesh. Задание поверхностей inlet_1, inlet_2, outlet, wall

Вызываем контекстное меню объекта Mesh – Mesh_1 и выбираем Export to MED file. Сохраняем MED файл. Запоминаем путь.

Запускаем Code Saturne. Интерфейс Code Saturne представлен на рисунке 4.

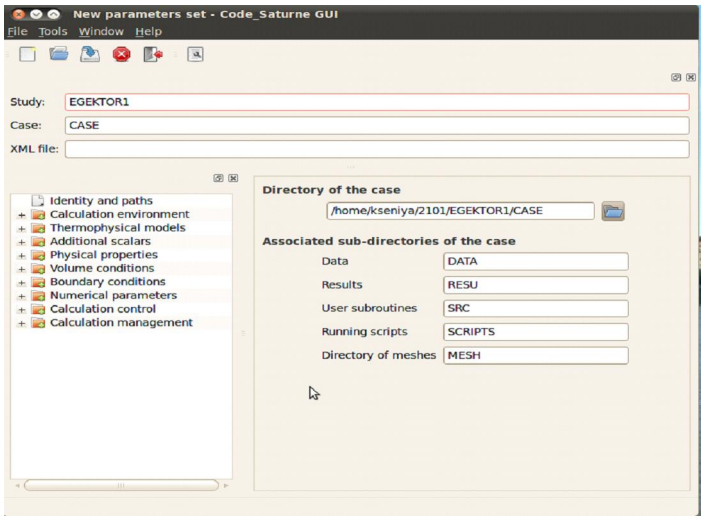


Рисунок 4 – Окно программы Code Saturne

В левой части главного окна содержится список категорий. Пользователю требуется указать начальные данные в интересующих его категориях. Существуют следующие категории:

Identity and paths: определение директорий, требуемых для расчетов (STUDY, CASE, DATA, SRC, SCRIPTS, MESH);

Calculation environment: определение файла с расчетной сеткой (можно использовать, например, экспортированый из SALOME .med файл), запуск препроцессора для анализа сетки (используется для получения информации о граничных поверхностях);

Thermophysical models: физическая модель, модель турбулентности, тепловая модель;

Additional scalars: определение скалярных величин и физических характеристик;

Physical properties: указание давления, характеристик потока, гравитации. Также тут возможно описывать собственные законы плотности, вязкости, теплоемкости и теплопроводности;

Volume conditions: инициализация переменных и определение зон потери напора;

Boundary conditions: определение граничных условий для каждой переменной;

Numerical parameters: количество и тип шагов по времени, дополнительные параметры для численного решения уравнений;

Calculation control: параметры, касающиеся отслеживания изменения переменных. Также в этом разделе указывается тип выходного файла;

Calculation management: управление процессом расчета. Процесс расчета никак не отображается графически. Проследить его можно только, просматривая вывод в терминале, в котором запущен Code Saturne.

Для того чтобы просмотреть результаты расчета, открываем Salome, выбираем модуль Post-Pro и импортируем MED файл инжекторного смесителя. На рисунках 5 и 6 представлены результаты моделирования поля скоростей и давления в смесителе.

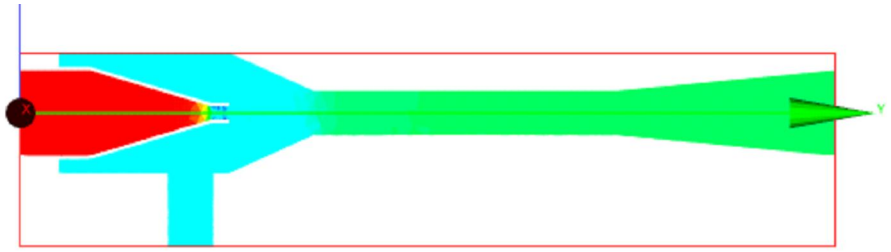


Рисунок 5 – Поле давлений в инжекторном смесителе

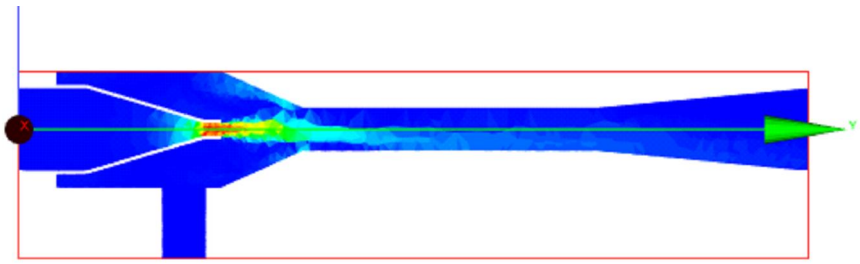


Рисунок 6 – Поле скоростей в инжекторном смесителе

Полученные результаты технологического расчета и численного моделирования позволяют сделать вывод, что оптимальной конструкцией для установки ЭЛОУ является инжекторный смеситель, показанный на рисунке 7.

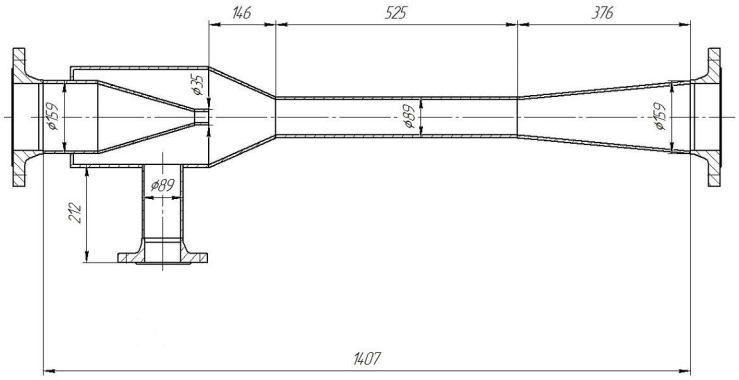


Рисунок 7 – Инжекторный смеситель

Реальное создание конструкции смесителя подразумевает изготовление промышленного образца реальных размеров. При необходимости обработки нескольких вариантов конструкции необходимы большие экономические затраты. Использование численного моделирования позволяет существенно сократить время на проектирование и обработку новых конструкций и позволяет изучить влияние большого числа параметров на эффективность и выбрать оптимальную конструкцию для требуемых параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таранцев К.В., Таранцева К.Р. Конструкции электрогидродинамических эмульгаторов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2002. – № 8. – С. 7–8.

2. Таранцев К.В. Исследование электрогидродинамических течений сред на границе раздела фаз газ – жидкость // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2009. – № 11. – С. 8–10.

3. http://www.laduga.ru/salome/salome.shtml

4. Таранцев К.В., Красная Е.Г. Применение электрических полей в процессах обезвоживания нефти : Монография. – Пенза : Изд-во ПГТА, 2012. – 116 с.

5. Хафизов Н.Н. Разработка технологии обессоливания нефти на нефтепромыслах : Дис. ...канд. техн. наук. – Уфа, 2009. – 143 с.

УДК 631.223.6+631.363

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

© ***В.В. Коновалов***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASPECTS AND SIMULATION OF TECHNICAL EQUIPMENT IN FEEDING FARM ANIMALS

©***V.V. Konovalov***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Показана взаимосвязь экономической эффективности животноводства и показателей работы технологических линий приготовления и раздачи кормов, затрат кормов. Потребление корма животным зависит от нормы выдачи кормосмеси, неравномерности выдачи компонентов смеси и потерь кормов.

Ключевые слова: линия кормоприготовления, кормораздающий агрегат, неравномерность выдачи корма, кормовые потери.

The relationship of cost-effectiveness and performance of livestock production lines preparation and distribution of feed, feed costs. Animal feed intake depends on the rate of issue fodder, uneven mixing issue and the loss of forage.

Key words: line kormoprigotovleniya, kormorazdayuschy unit, uneven delivery of feed, forage losses.

Животноводческая ферма как экосистема обитания сельскохозяйственных животных, а это микроклимат помещений, техника и механизмы, вода, атмосферный воздух и почва, оказывает непосредственное воздействие на животных. Особо значимо и сложно влияние кормов для получения продукции – чем качественнее и питательнее состав, тем рентабельнее производство. Корма низкого качества увеличивают вероятность вспышки заболеваний животных, увеличение образования отходов и, соответственно, увеличение дополнительных экономических затрат.

Повышение эффективности животноводства в современных экономических условиях требует увеличения прибыли от ее производства [19], что возможно за счет уменьшения себестоимости или увеличения цен реализации. На снижение себестоимости продукции влияет увеличение реализованной продукции (увеличивая стоимость произведенной продукции) или экономия затрат на получение продукции (рис. 1). Расходы исчисляются по существующим методикам определения годовых эксплуатационных издержек [19] и особых проблем не вызывают.

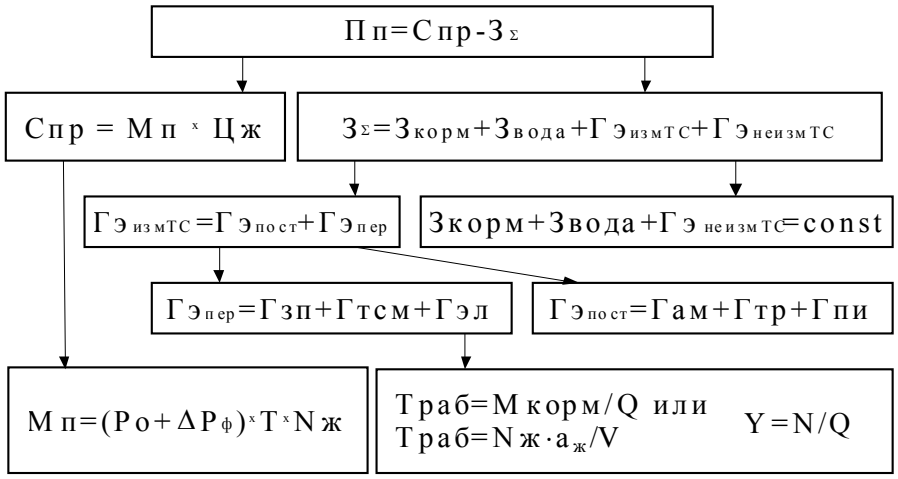


Рисунок 1 – Схема влияния параметров работы средств механизации линии приготовления и раздачи корма на прибыль от производимой животноводческой продукции: Пп – прибыль от реализации животноводческой продукции, руб.; Спр – стоимость реализованной продукции, руб.; $З_{\Sigma}$ – полная себестоимость произведенной продукции, руб.; Мж – объем реализованной животноводческой продукции, кг; Цж – цена животноводческой продукции, руб./кг; Зкорм, Звода – затраты на корма и воду, руб.; $Гэ_{неизм}$ – годовые эксплуатационные постоянные издержки комплекта машин и оборудования, руб.; $Гэ_{изм}$ – годовые эксплуатационные переменные издержки комплекта машин и оборудования, руб.; $Гэ_{пост}$ – постоянные эксплуатационные издержки при эксплуатации технических средств, руб.; $Гэ_{пер}$ – переменные эксплуатационные издержки, руб.; Гзп, Гтсм, Гэл – затраты на оплату труда обслуживаемого персонала, на ТСМ, на электроэнергию, руб.; Гам, Гтр, Гпи – затраты на амортизацию, на ТО и ремонт, на прочие издержки, руб.; Ро, ΔРф – продуктивность животных и ее прибавка, кг/сут.; Т – продолжительность периода содержания животных, сут.; Траб – продолжительность работы машины на операции, с; Мкорм – масса корма, кг; Q – производительность рабочего органа, кг/с; $а_{ж}$ – фронт кормления животного, м; V – скорость перемещения мобильного агрегата, м/с; Y – энергоемкость процесса, Дж/с; N – мощность привода рабочего органа, Вт; Nж – количество обслуживаемых животных, гол.

При сравнении технологических линий изменяться будут лишь слагаемые, входящие в $Гэ_{измТС}$ (рис. 1). Дополнительная обработка нагревом, СВЧ, экструзия корма способствуют как повышению питательности корма, так и снижению заболеваний животных, особенно молодняка [2, 14].

Часть затрат на эксплуатацию изменяемого перечня технических средств постоянна (амортизация, ТО и ремонт, прочие издержки) и зависит от балансовой стоимости и норм отчислений. Другая часть (оплата труда, затраты на топливо и смазочные материалы, электроэнергию) связана с длительностью работы технических средств и энергоемкостью процессов, на чем сказывается величина производительности и мощности привода [19].

Выявить конкретное влияние на животных состава технологической линии приготовления и раздачи кормов достаточно сложно ввиду большого разнообразия машин и оборудования, рационов кормления, соответствия технологии выполнения работ зоотехническим требованиям. Однако расход питательных веществ на получение единицы привеса известен и позволяет по количеству потребляемого животным корма, с учетом его питательности, определить ожидаемый среднесуточный прирост [4, 5]. Приготовление качественных смесей (комбикормов) [1, 3, 15–17], а также дополнительная обработка компонентов смесей [2, 14] позволит улучшить как экономическую эффективность животноводства, так и экологическую безопасность животноводческих объектов.

Зная количественные (массу корма потребляемого животным) и качественные показатели работы технологической линии (неравномерность потребления корма среди животных), можно определить технологическую эффективность линии. По данным [15], количество выдаваемых дополнительно добавок (комбикорма, БВД, БАВ, премиксов) животным позволяет увеличить их продуктивность. При этом на количество потребленного конкретным животным дополнительного корма будет влиять как доза (ее математическое ожидание) кормов, так и качество раздачи премикса в составе комбикорма по формуле коэффициента вариации (неравномерности):

$$\nu_{NK} = \sqrt{(\nu_N \cdot \nu_m)^2 + \nu_N^2 + \nu_m^2}, \qquad (1)$$

где ν_N, ν_m – коэффициенты вариации премикса в комбикорме и распределения массы комбикорма по животным.

В зависимости от размера дозы, полученной конкретным животным, произойдет увеличение привесов его продукции. При этом из правила “трех сигм” у половины животных диапазон изменения продуктивности будет в меньшую сторону (увеличение привеса менее запланированного), у второй половины – наоборот.

Фактическая прибавка продуктивности животных от применения премикса составит [15]

$$\Delta P^{(+)}_{ф} = 0{,}01 \cdot \Delta P \cdot P_o \cdot N_{ij} \cdot (1 - 0{,}43 \cdot n), \qquad (2)$$

где ΔP – процентное увеличение продуктивности животных за счет применения премиксов при выдаче нормативной дозы; Po – начальный уровень продуктивности животных до применения премиксов; N_{ij} – количество животных; ν – коэффициент вариации дозы премиксов.

К недостаткам приведенных выражений следует отнести учет только конечных показателей потребления корма (дозу) животными и его характеристику (коэффициент вариации). Использование данных выражений на практике будет весьма ограничено, так как следует учитывать влияние состава технологической линии кормоприготовления и раздачи, режимы работы технических средств и оборудования на величину выделяемого корма (согласно бухгалтерскому, зоотехническому учету) и на его фактическое потребление животным.

По аналогии данную формулу можно использовать и при изменении количества выдаваемых питательных веществ. Однако потребуется определить влияние состава используемой технологической линии приготовления и выдачи кормов на коэффициент вариации дозы питательных веществ.

Показатели, расположенные в скобках, представим поправочным коэффициентом вариабельности выдачи питательных веществ корма животным (рис. 1):

$$Kv = (1 - 0{,}43 \cdot v_k), \qquad (3)$$

где v_k – коэффициент вариации выдачи питательных веществ животным, доли.

При значениях до 10 % поправочный коэффициент не снижается менее 0,96. При росте изменчивости показателей наблюдается существенное снижение поправочного коэффициента, что уменьшает величину привесов.

В процессе приготовления увлажненной смеси и ее выдачи выполняется ряд операций по временному хранению (накоплению в питателях) компонентов смеси, их дозированию, смешиванию, транспортировке, раздаче и скармливанию. Потери в основном наблюдаются за счет разбрызгивания корма, пыления сухих компонентов, наличия остатков на стенках кормоприготовительного и раздающего оборудования [6].

В процессе раздачи происходит уменьшение нормы выдачи в зависимости от степени заполнения бункера раздатчика, а также возможны колебания значений мгновенной подачи. Использование соответствующих технологических приемов (применение единого герметичного агрегата, дозирование сухих и жидких (а не влажных) кормов, смешивание компонентов при выгрузке, отсутствие контакта влажной смеси с поверхностью агрегата, соответствие параметров кормушки массе животного, возможность сбора остатков и очистки рабочих органов) позволяет уменьшить кормовые потери.

Поэтому следует учитывать влияние состава технологической линии кормопроизводства и раздачи, режимы работы технических средств и оборудования на величину выделяемого корма (согласно учету) и его фактическое потребление животным.

В результате анализа порядка выполнения операций при кормлении свиней и недостатков используемых машин и оборудования [5, 6] выявлены места проявления потерь кормов (рис. 2).

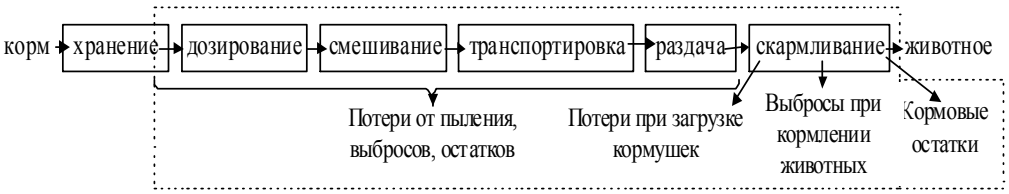


Рисунок 2 – Схема расположения операций технологического процесса кормления свиней и мест кормовых потерь

При раздаче корма происходит загрузка кормушек. Потери наблюдаются при неправильном взаимном положении выгрузного лотка и кормушки: высокое или смещенное расположение лотка, наличие ограждений станка и других элементов на траектории движения корма и т. п. [7–9]. При скармливании наблюдаются выбросы корма через борта кормушки и его размазывание на элементах ограждения. Данные потери устраняются за счет совершенствования конструкции кормушки или регулировки расположения ее отдельных элементов. Удобство поедания корма снижает кормовые остатки [10, 11]. Использование нормированного кормления снижает количество кормовых объедей.

Снижение кормовых потерь и равномерное распределение кормовых компонентов среди их потребителей (за счет лучшего дозирования компонентов и смеси, а также повышения ее однородности, равномерности раздачи) способствует росту продуктивности животных. Выращивание молодняка требует кормление вволю, что неминуемо ведет к возрастанию количества его остатков, а кормление влажными кормами, наличие остатков корма ведет к росту микрофлоры и заболеваемости животных, ввиду высокой концентрации поголовья на ограниченной территории. Ручная очистка кормушек высоко трудоемка, но механизированные средства очистки кормушек [12, 13] не получили широкого распространения. Сухое кормление позволяет устранить данный недостаток, но способствует заболеваниям дыхательных путей и пищеварения, что недопустимо для племенных животных.

В качестве примера рассмотрим работу единого кормораздающего агрегата с раздельным расположением компонентов кормосмеси (рис. 3). Из бункеров агрегата подаются кормовые компоненты, они дозируются и в процессе своего перемещения перемешиваются [4, 5].

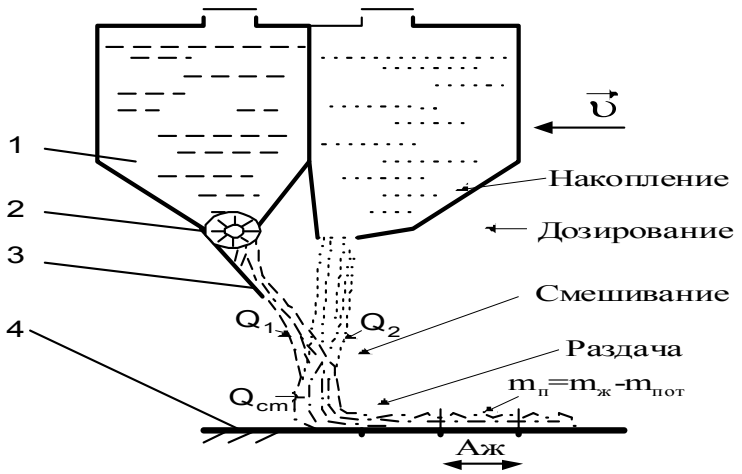


Рисунок 3 – Принципиальная схема работы кормораздающего агрегата: 1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – выгрузной лоток; 4 – кормушка

При передвижении агрегата смесь поступает в кормушку. Количество выдаваемого для животного корма $m_ж$ пропорционально производительности смесителя Qcm (а значит, сумме производительностей дозаторов: Q_1+Q_2),

скорости движения агрегата u и ширине кормоместа Аж. Количество потребленного животным корма $m_п$ будет меньше выданного количества $m_ж$ на величину потерь $m_{пот}$.

При количестве обслуживаемых животных $N_ж$ каждому из них по рациону должно выдаваться i-е количество кормов в количестве m_i. Для обеспечения данного требования при подаче компонентов дозаторами смесителя непрерывного действия их производительность должна быть пропорциональна производительности дозатора основного (например, первого) компонента, т.е.:

$$Q_i = Q_1 \cdot \frac{m_i}{m_1}. \qquad (4)$$

В результате неточной настройки дозаторов их фактическая производительность отличается от требуемого значения и животным выдается количество корма, не соответствующее норме.

Абсолютное и относительное значения отклонения дозатора от заданной нормы для каждого корма, выражаются, соответственно, кг:

$$\Delta д_i = m_{Фi} - m_i, \quad \delta д_i = \frac{m_{Фi} - m_i}{m_i}, \qquad (5)$$

где $m_{фi}$ – количество i-го корма, выданное фактически, кг.

Масса каждого компонента, выдаваемая животному, определится, кг, как

$$M_i = \frac{Qд_i \cdot Аж \cdot f\varphi_i}{\upsilon}, \qquad (6)$$

где f_φ – коэффициент, учитывающий степень заполнения бункера раздатчика с данным кормовым компонентом. Для раздатчиков с бункером типа КСП-0,8 может использоваться эмпирическая формула [4]:

$$f_\varphi = -0,0127 \cdot \psi_б^{-0,3645} \cdot (-28,3 - 73,1 \cdot \psi_б + 5,72 \cdot W -$$

$$-26,72 \cdot \psi_б \cdot W + 26,68 \cdot \psi_б^2 + 19,64 \cdot W^2), \qquad (7)$$

где $\psi_б$ – степень заполнения бункера; W – влажность корма, %.

Интервалы изменения значений производительности дозатора, или дозируемых порций определяются коэффициентом вариации:

$$\nu = S / \overline{X}, \qquad (8)$$

где S – среднеквадратическое отклонение, полученное по результатам замеров; X – среднее арифметическое значение, полученное по результатам замеров.

Значения коэффициента вариации дозатора определяются по подаче за 1 с или по величине порции [4, 5]. В реальных условиях порция корма отличается от секундной подачи, поэтому требуется внесение поправки к коэффициенту вариации. Согласно ОСТ 70.32.2.-83, в случае отклонения фактической дозы ввода контрольного компонента в смесь от 1 % показа-

тель коэффициента вариации умножается на $\sqrt{\eta_ф}$, где $\eta_ф$ – фактическое процентное содержание в смеси по массе. По аналогии воспользуемся данной поправкой для коэффициента вариации работы дозатора в конкретных условиях.

$$\nu д_i = \nu д1_i \cdot \sqrt{\frac{Qд_i \cdot t_1}{m_i}} = \nu д1_i \cdot \sqrt{\frac{Qд_i \cdot 1}{m_i}} = \nu д1_i \cdot \sqrt{\frac{Qд_i}{m_i}}, \qquad (9)$$

где ν д1 – коэффициент вариации подачи дозатора по технической характеристике, %.

Из приведенных выражений выразим среднее квадратичное (стандартное) отклонение для дозируемых кормовых компонентов животному

$$Sд_i = m_i \cdot \nu д1_i \cdot \sqrt{\frac{Qд_i}{m_i}}. \qquad (10)$$

Коэффициент вариации компонента корма, подлежащего выдаче животному, составит

$$\nu_{д_i} = \sqrt{(\nu д_i \cdot \nu f_i)^2 + \nu д_i^2 + \nu f_i^2}, \qquad (11)$$

где $\nu д_i = \nu д1_i \cdot \sqrt{Qд_i / m_i}$ – коэффициент вариации подачи компонентов;

ν f – коэффициент вариации подачи при изменении заполнения бункера.

При параллельной работе дозаторов кормов коэффициент вариации подачи кормосмеси (как сумма подач компонентов из дозаторов раздатчика)

$$\nu_р = \frac{\sqrt{D(m_1 + m_2)}}{m_1 + m_2} = \frac{\sqrt{D(m_1) + D(m_2)}}{m_1 + m_2}, \text{ или } \nu_р = \frac{\sqrt{\sum Sд_i^2)}}{\sum m_i}, \qquad (12)$$

где D = Sд^2 – дисперсия показателя.

Время выдачи корма из раздатчика животному, с:

$$t = \frac{Аж}{\upsilon}.$$

Коэффициент вариации времени выдачи ν_t будет определяться коэффициентами вариации скорости агрегата ν_υ и ширины фронта кормления ν_A. В результате математических действий получено

$$\nu_t = \sqrt{\frac{\nu_A^2 - \nu_\upsilon^2}{1 + \nu_\upsilon^2}}. \qquad (13)$$

Коэффициент вариации выдачи количества данного компонента животному, доли

$$\nu_{k_i} = \sqrt{(\nu_t \cdot \nu_{\partial i})^2 + \nu_t^2 + \nu_{\partial i}^2}. \qquad (14)$$

Коэффициент вариации (неравномерность) выдачи кормосмеси животному определится как

$$\nu_k = \sqrt{(\nu_t \cdot \nu_p)^2 + \nu_t^2 + \nu_p^2}\,. \qquad (15)$$

Моделирование протекания процессов [4] дозированной подачи компонентов, их смешивания, раздачи смеси как единой технологической линии позволяет как найти вариационный ряд значений возможных значений однородности смеси, его средневзвешенное значение, так и сравнить величины коэффициентов вариации и экономию корма, рассчитав показатели для сравниваемых вариантов технологических линий.

Таким образом, разработанная методика оценки эффективности технологических линий, учитывающая величину количества и вариабельности качества корма, позволяет сравнить влияние на животных состава технологических линий кормоприготовления и выдачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ведищев С.М. Исследования влияния конструктивно-режимных параметров шнеколопастного смесителя на его качественные показатели / С.М. Ведищев, Н.В. Хольшев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2011. – № 3. – С. 32–34.

2. Денисов С.В. Определение пропускной способности зоны загрузки пресс-экструдера / Денисов С.В., Новиков В.В., Курочкин А.А., Шабурова Г.В. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2009. – № 12. – С. 73–76.

3. Колобов М.Ю. Установка для приготовления комбикормов / М.Ю. Колобов, В.Б. Лапшин, С.Е. Сахаров, А.М. Баусов // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 3. – С. 14–15.

4. Коновалов В.В. Повышение эффективности средств механизации приготовления и выдачи кормосмесей в свиноводстве : Автореф. дисс. ...д-ра технич. наук. – Пенза, 2005. – 38 с.

5. Коновалов В.В. Модель функционирования технологической линии приготовления и раздачи кормов в свинарниках / В.В. Коновалов, А.И. Бобылев // Проблемы использования техники в животноводстве : Сб. тр. науч.-практ. совещания-семинара. Выпуск 4, т. 4. – Тамбов : ВИИТиН, 2003. – С. 49–57.

6. Коновалов В.В. Совершенствование технологического оборудования поросят-отъёмышей с разработкой и обоснованием параметров очистителя кормушек : Автореф. дисс. ...канд. технич. наук. – Саратов, 1996, – 24 с.

7. Коновалов В.В. Оборудование для кормления отъемышей / В.В. Коновалов, В.Н. Стригин // Свиноводство. – 1997. – № 5. – С. 19–20.

8. Коновалов В.В. Оборудование для кормления свиней / В.В. Коновалов, В.Н. Стригин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1997. – № 10. – С. 21–22.

9. Коновалов В.В. Совершенствование оборудования для кормления поросят-отъемышей // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. – № 3. – С. 41–42.

10. Коновалов В.В. Рациональная кормушка // Сельский механизатор. – 2002. – № 10. – С. 21.

11. Коновалов В.В. Кормушка для поросят // Сельский механизатор. – 2003. – № 6. – С. 28.

12. Коновалов В.В. Экспериментальные исследования щеточного очистителя кормушек // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. – № 8. – С. 9–10.

13. Коновалов В.В. Исследование щеточного рабочего органа очистителя кормовых желобов / В.В. Коновалов, С.И. Щербаков // Совершенствование средств механизации и мобильной энергетики в сельском хозяйстве : Сб. науч. трудов XI-й науч.-практич. конференции вузов Поволжья и Юго-Нечерноземной зоны РФ. – Рязань, 2000. – С. 51–54.

14. Курдюмов В.И. Тепловая обработка зерна при подготовке комбикорма для поросят / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, С.А. Сутягин // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2012. – № 3. – С. 102–107.

15. Солошенко В.А. Эффективность премиксов и качество смешивания ингредиентов / Солошенко В.А., Хлебников И.К. [и др.] // Аграрная наука. – 2002. – № 11. – С. 24.

16. Сыроватка В.И. Ресурсосберегающие машинные технологии – основа производства конкурентноспособной свинины / В.И. Сыроватка, В.И. Ломов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – № 3. – С. 87–88.

17. Сыроватка В.И. Новые технические решения приготовления комбикормов в хозяйствах / В.И. Сыроватка, Н.В. Обухова, А.С. Комарчук // Кормопроизводство. – 2010. – № 3. – С. 42–45.

18. Сыроватка В.И. Ресурсосбережение при производстве комбикормов в хозяйстве // Техника и оборудование для села. – 2011.– № 6.– С. 22–25.

19. Экономическая оценка инженерных проектов (методика и примеры расчетов на ЭВМ) / Н.А. Волкова, В.В. Коновалов, И.А. Спицын, А.С. Иванов. – Пенза : РИО ПГСХА, 2003. – 240 с.

УДК 681.3; 615.4

ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕАНИМАЦИОННОГО БОЛЬНОГО В ПРОЦЕССЕ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ

© ***А.И. Сафронов***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***Т.В. Истомина***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***А.А. Минкин***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***Э.Д. Якупова***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

A VISUAL REPRESENTATION OF THE PARAMETERS OF THE RESUSCITATION OF THE PATIENT IN THE INTENSIVE CARE UNIT

© ***A.I. Safronov***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***T.V. Istomina***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***A.A. Minkin***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***E.D. Yakupova***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье описана методика визуального представления врачу параметров больного. Методика использована при интенсивной терапии у 34 больных с терминальной фазой перитонита и у 38 хирургических больных без перитонита. Сделан вывод о перспективности данной методики в медицине критических состояний.

Ключевые слова: перитонит, мониторинг, визуализация параметров.

Describes a technique for Visual presentation of doctor patient settings. The technique used for the intensive care of 34 patients in the Terminal phase of peritonitis and 38 in surgical patients with peritonitis. Conclusion about the prospects of this method in critical care medicine.

Key words: peritonitis, monitoring, visualization settings.

E-mail: komandor.penza@rambler.ru

Мониторинг клинически значимых параметров представляет собой взятие на контроль функций и процессов организма больного с целью выявления отклонений, предсказания опасностей, предупреждения осложнений [1]. В медицине критических состояний считается весьма перспективным представление информации о больном в виде образов или пиктограмм. Сообщается, например, о способе образного представления результатов регистрации данных в виде человеческого лица [4]. При соответствующем навыке врач только по общему виду пиктограммы может судить о состоянии больного в данный момент времени. В условиях жесткого ограничения по времени, что характерно для любого критического состояния, это значительно сокращает время анализа многочисленных числовых и табличных данных.

Есть основания предположить, что образная информация во врачебной деятельности является одной из ведущих форм выражения информации и, следовательно, интеллектуальные процессы, определяющие врачебную деятельность, в значительной степени опираются на образный компонент [5]. Это же подтверждается и другими авторами. Считается, что для диагностики степени (или стадии) состояния биологического объекта целесообразно использование информационных моделей в форме диаграмм, что достаточно полно определяет “образ”, “портрет” объекта [2, 3].

Для клинициста, как правило, бывает более важным установить момент, когда значение параметра достигло определенного качественного уровня, чем констатация его абсолютной величины. Подобный подход к интегральной оценке состояния пациента имеет ряд преимуществ. Одно из них заключается в том, что вниманию клинициста представляется не все множество определяемых параметров (у реанимационного больного их более 100), а только те из них, которые отклоняются от своих среднестатистических значений. При этом степени отклонений любых параметров сравнимы между собой, в отличие от их абсолютных значений [3].

Реально работающих программных средств, основанных на таком подходе к интегральной оценке состояния больного, в современных реанимационных отделениях не существует.

Цель исследования: разработка и реализация средства для визуального представления врачу результатов оценки сформированных реаниматологом групп параметров организма (синдромов) в процессе интенсивной терапии.

Задачи:

1) разработка методики визуализации параметров организма,

2) клиническая апробация методики,

3) постановка задач для реализации программного средства отражения интегральных оценок состояния больного.

В основу исследования положена сложившаяся практика оценки состояния реанимационного больного, которая базируется на следующих допущениях:

- степень отклонения параметров организма может быть “незначительной”, “значительной” или “запредельной” (как в сторону увеличения относительно среднестатистических значений, так и в сторону уменьшения);
- для перевода количественных значений параметров в их “качественные” характеристики методика требует создания специальных справочников соответствия интервалов числовых значений каждого параметра с его “качественной” характеристикой (используется экспертная оценка).

Идея справочников для перевода количественных значений параметров в их качественные характеристики принадлежит инженеру-программисту В.И. Ковтуну (1989 г.). Для создания справочника используется разбивка возможных значений любого параметра организма на условные диапазоны. Таких диапазонов у каждого параметра 10. При этом диапазоны с обозначением от -2S до +2S относятся к среднестатистическим значениям (в таблице они выделены серым цветом). Если отклонение значения параметра от

среднестатистической нормы в целом “незначительно”, то он попадает в диапазон +3S или -3S (в зависимости от того, в сторону увеличения или в сторону уменьшения обнаружено это отклонение). Аналогично решается вопрос в случаях, когда отклонение “значительно” или “запредельно”.

Пример справочника для перевода количественных значений параметров в их “качественные” характеристики (фрагмент “Справочника-69П” для больных перитонитом) приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Фрагмент “Справочника-69П” для перевода количественных значений параметров в их качественные характеристики [Сафронов А.И., 2002]

Название параметра	**Размер-ность**	**Степень отклонения параметра от среднестатистического значения**									
		-5S	**-4S**	**-3S**	**-2S**	**-1S**	**+1S**	**+2S**	**+3S**	**+4S**	**+5S**
Температура	**градусы** °C	0 35.0	35.1 35.5	35.6 35.9	36.0 36.3	36.4 36.5	36.6 36.7	36.8 37.0	37.1 37.8	37.9 39.0	более
Пульс	**уд/мин**	0 39	40 49	50 59	60 69	70 79	80 89	90 99	100 109	110 140	более
АД систол.	**мм рт. ст.**	0 59	60 79	80 99	100 109	110 120	121 130	131 140	141 160	161 200	более
АД диастол.	**мм рт. ст.**	0 49	50 69	70 79	80 85	86 90	91 95	96 100	101 110	111 130	более
ЦВД	**мм вод. ст.**	отр.	отр.	отр.	0 19	20 29	30 49	50 90	91 100	101 120	более
ЧДД	**дых/мин**	0 9	10 12	13 15	16 16	17 17	18 19	20 20	21 30	31 40	более
Гемоглобин	**г/л**	0 59	60 90	91 119	120 130	131 140	141 150	151 160	161 170	171 180	более
Гематокрит	**%**	0 20	21 30	31 35	36 38	39 40	41 42	43 44	45 50	51 59	более

В клинической практике оказалось удобным подразделять среднестатистические значения параметров (так называемую норму) на 4 дополнительных поддиапазона (-2S, -1S, +1S, +2S), поскольку при динамическом отслеживании любого параметра мы можем совершенно четко определить тот момент, когда значения параметра начинают приближаться к границе “нормальных” значений.

Создание справочников для перевода количественных значений параметров в их “качественные” характеристики предполагает весьма высокую квалификацию специалиста для решения экспертных задач. Помимо этого разбиение коридора возможных значений параметра на условные диапазоны не поддается строгой математической зависимости и в каждом конкретном случае решается на основании клинического опыта реаниматолога как автора справочника.

Используя подобный подход, в процессе исследования проведен анализ динамики иммунобиохимических изменений, являющихся наиболее информативными маркерами интоксикации синдрома системного ответа при воспалении.

Для построения визуальной картинки синдрома в исследовании использовали 10 иммунобиохимических показателей, определяемых рутинно в плазме у каждого больного ежесуточно: уровень средних молекул двух фрак-

ций СМ1 и СМ2 (ед. опт. пл.); индекс их распределения ИР = СМ1/СМ2; уровень циркулирующих иммунных комплексов ЦИК1 и ЦИК2 (усл. ед.); уровень трансаминаз АЛТ, АСТ (ЕД/Л); уровень иммуноглобулинов IgA, IgM, IgG (мг/мл).

Материалом для исследования послужили данные мониторинга двух групп больных отделения реанимации Пензенской городской клинической больницы скорой медицинской помощи им. Г.А. Захарьина:

- 1 группа – 38 больных после плановой резекции желудка (летальных исходов не было);
- 2 группа – 34 больных перитонитом в терминальной фазе (летальность 82 %).

Изучены данные на 1, 3 и 5 сутки послеоперационного периода. Картинки для иллюстрации синдромов в каждой группе формировали на основе средних значений каждого параметра (рис. 1, 2).

Рисунок 1а – Визуальная картина синдромов в 1-е сутки после операции (1 группа исследования)

Рисунок 1б – Визуальная картина синдромов в 3-и сутки после операции (1 группа исследования)

Рисунок 1в – Визуальная картина синдромов в 5-е сутки после операции (1 группа исследования)

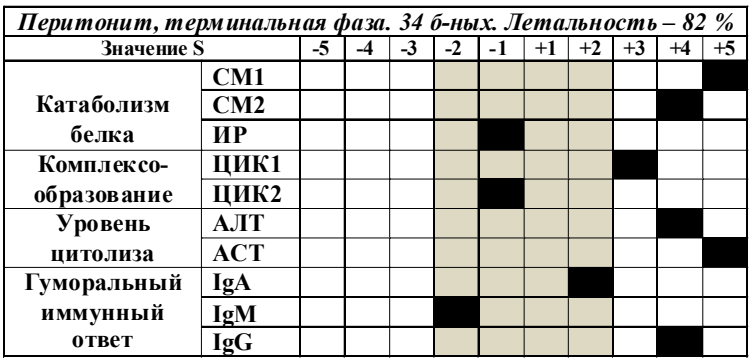


Рисунок 2а – Визуальная картина синдромов в 1-е сутки после операции (2 группа исследования)

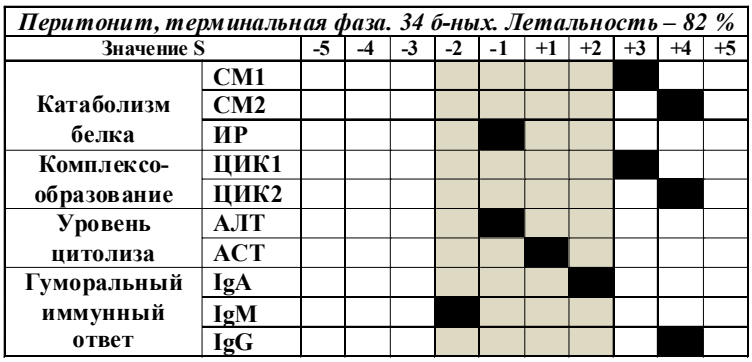


Рисунок 2б – Визуальная картина синдромов в 3-и сутки после операции (2 группа исследования)

Перитонит, терминальная фаза. 34 б-ных. Летальность – 82 %											
Значение S		**-5**	**-4**	**-3**	**-2**	**-1**	**+1**	**+2**	**+3**	**+4**	**+5**
Катаболизм белка	**СМ1**								■		
	СМ2									■	
	ИР		■								
Комплексо-образование	**ЦИК1**										■
	ЦИК2									■	
Уровень цитолиза	**АЛТ**										■
	АСТ	■									
Гуморальный иммунный ответ	**IgA**							■			
	IgM	■									
	IgG						■				

Рисунок 2в – Визуальная картина синдромов в 5-е сутки после операции (2 группа исследования)

В процессе исследования апробирована методика визуального представления параметров, что позволило оценить динамику состояния каждого реанимационного больного. Результаты подвергались экспертной оценке. При этом выявлено, что у больных без перитонита (1-я группа исследований) визуальные картинки синдромов иллюстрируют положительную динамику и к пятым суткам констатируют достижение целей интенсивной терапии (рис. 1а, 1б, 1в). Во второй группе исследований (больные терминальной фазой перитонита, летальность 82 %) визуальные картинки иллюстрируют незначительную положительную динамику к 3-м суткам и резко отрицательную динамику к пятым суткам (рис. 2а, 2б, 2в).

Выводы:

1. Сравнительный анализ метода визуализации динамики синдрома системного ответа при воспалении у 34 больных перитонитом и 38 больных без перитонита по экспертным оценкам адекватно отражает динамику клинической ситуации при перитоните и может быть использован для иллюстрации динамики других реанимационных синдромов.

2. Результаты проведенного исследования послужили основанием для создания программных средств в пакете Microsoft Excel для визуального отражения динамики основных реанимационных синдромов в процессе интенсивной терапии больных перитонитом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зильбер А.П. Медицина критических состояний: общие проблемы. – Петрозаводск : Изд-во ПГУ, 1995. – 360 с.

2. Красникова Л.И. // Кибернетика и вычислительная техника. – 1988. – Вып. 78. – С. 99–103.

3. Сафронов А.И. Интенсивная терапия критических состояний у больных гнойно-септическими заболеваниями с использованием информационных технологий : Дисс. ...д-ра мед. наук. – Саратов, 2002. – 216 с.

4. Шерман Д.Н. // 4-й Всесоюзный съезд анестезиологов и реаниматологов.: Тез. докладов. – Одесса, 1989. – С. 107–109.

5. Шестак Н.В. Средства визуальной информации в учебном процессе институтов усовершенствования врачей. – М. : ЦОЛИУВ, 1990. – 36 с.

УДК 616.1

ЕСТЕСТВЕННЫЕ АНТИТЕЛА: НОРМА И ПАТОЛОГИЯ

© ***Н.Ю. Келина***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***М.А. Мягкова***, *ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)*

© ***С.Н. Петроченко***, *ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)*

NATURAL ANTIBODIES: NORM AND PATHOLOGY

© ***N.J. Kelina***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***M.A. Myagkova***, *IFAV RAN (Chernogolovka, Russia)*

© ***S.N. Petrochenko***, *IFAV RAN (Chernogolovka, Russia)*

Естественные антитела могут связываться с эндогенными биорегуляторами, устраняя нежелательное физиологическое действие при повышении содержания их в крови.

Ключевые слова: естественные антитела, патология, физиологическая роль.

Natural antibodies can bind endogenous bioregulators, eliminating undesirable physiological effects while increasing the content of their blood.

Key words: natural antibodies, pathology, the physiological role.

E-mail: nukelina@yandex.ru

Внедрение в практику клинико-лабораторной диагностики многопрофильных лечебных учреждений данных области иммунофизиологии расширяет существенные представления об участии антител в механизмах поддержания гомеостаза.

Основной парадигмой иммунной системы считается постоянное ее противоборство с “чужим” (инфектами-агрессорами). Это связано с тем, что исторически иммунология формировалась как одно из прикладных направлений в структуре общей микробиологии. В силу чего методологические подходы формировались на принципах микробиологии и инфекционной патологии. Однако активность иммунной системы связана далеко не столько с поиском и уничтожением чужеродных микробных факторов, сколько с устранением (или блокированием) потенциально вредных для гомеостаза факторов, в первую очередь экзогенной природы. Иммунная система – это основная система поддержания молекулярного гомеостаза, которая находится в тесной связи с нервной системой.

В 1890 году И.И. Мечников охарактеризовал роль иммунной системы не только как систему поиска и разрушения “чужого”, но и как систему, нацеленную на выявление и блокирование потенциально “опасного” для организма.

Экспериментальные данные участия антител в качестве указателей антигенных структур при иммунных реакциях объясняют механизмы возникновения и развития патологического состояния. При нарушениях взаимодействия иммунной и нервной системы такие антитела могут выполнить

важную компенсаторную, адаптивную и иммуннорегулирующую функции.

Имеются факты, доказывающие регуляторное влияние антител в организме наряду с известными биологически активными веществами нервной и гуморальной природы. Несмотря на широкий охват в изучении многими специалистами механизмов возникновения гипертонической болезни, актуальность темы несомненна [1].

В 60-х годах XX в. S.V. Boyden впервые ввел понятие “естественные антитела” для определения фракции глобулинов, присутствующих в биологических жидкостях практически здоровых неиммунизированных организмов. Он полагал, что такие антитела, связывая чужеродные антигены, служат первичным неспецифическим естественным барьером на пути внешних патогенных агентов и, таким образом, выполняют защитную физиологическую функцию в организме [5].

В 1986 г. N. Jerne разработал и обосновал сетевую (идиотип-антиидиотипическую) теорию регуляции иммунитета. В соответствии с его мировоззрением, иммунная система здорового человека обязательно продуцирует антитела к любым антигенным компонентам собственного организма, то есть аутоантитела. Уникальность иммунной системы связана с ее способностью производить огромное количество избирательных по своему действию высокоспецифических по отношению к антигенным мишеням молекул антител, в том числе и аутореактивных антител и лимфоцитов. Эти молекулы служат барьером не только для противоинфекционного чужеродного или иного воздействия, но и участвуют в гомеостатических процессах регуляции [7].

В течение последних лет получено множество экспериментальных доказательств присутствия в кровотоке здоровых лиц большого количества естественных (нормальных, физиологических) аутоантител, взаимодействующих с разными эндогенными и экзогенными антигенами, такими как: белки цитоскелета, ДНК, гормоны и рецепторы ряда многих ферментов, компоненты межклеточного матрикса и гистоны, маркеры главного комплекса гистосовместимости и других эндогенных соединений

Таким образом, естественные антитела (е-АТ) к любым эндогенным собственным антигенам в той или иной концентрации есть в организме всех здоровых людей.

Целью проведенных нами исследований являлось изучение характеристики естественных антител (е-АТ) в сыворотке здоровых лиц и пациентов с гипертонической болезнью в динамике наблюдения.

Одной из основных характеристик антител является принадлежность их к определенному классу иммуноглобулинов. Среди е-АТ к собственным структурам организма обнаружены иммуноглобулины M, G и A классов. При изучении АТ к фибриногену оказалось, что в сыворотке они на 30-50 % представлены IgG. Для е-АТ к фосфолипидам показано, что антительная активность связана с IgG.

Изучение механизмов взаимодействия е-АТ с индуцированными моноспецифическими антителами к чужеродным антигенам и к аутоантителам и выделение маркерных параметров реакции позволит расширить

технологии лабораторного контроля при иммунопатологических состояниях. Важными характеристиками е-АТ являются их специфичность и аффинность [2, 3].

S. Avreameas предложил гипотезу, рассматривающую естественный иммунитет как гомеостатическое равновесие между е-АТ и их разнообразными мишенями. Введение определенного количества чужеродного антигена или повышение концентрации эндогенных антигенов (в силу различных причин) может привести к временному или хроническому нарушению гомеостаза иммунной системы.

Временное нарушение гомеостатических параметров иммунной системы служит причиной возникновения моноспецифических антител, тогда как хронический процесс приводит к развитию иммунопатологических состояний. Механизм развития указанных процессов определяется взаимодействием полиспецифических рецепторов В-клеток с различными антигенами (АГ). Такое взаимодействие может индуцировать серию мутаций и делений В-клеток, ведущих к синтезу высокоспецифичных антител (АТ) для определенного (АГ). Единой точки зрения на распределение АТ по классам Ig на сегодняшний день не существует, возможно, что это распределение во многом зависит от вида (специфичности) е-АТ.

В 1947 г. P. Grabar выдвинул гипотезу, согласно которой в нормальном организме присутствуют е-АТ, выполняющие не только иммунологическую, но и физиологическую защитную функцию, направленную на поддержание внутреннего гомеостаза. Естественные антитела, связанные с поврежденными или разрушенными тканями и клетками, могут принимать на себя функцию транспортеров продуктов обмена веществ [6].

Транспортная функция е-АТ, поддерживающая гомеостаз, показана в отношении ряда соединений: миоглобина, высвобождающегося в кровь при физических нагрузках “состарившихся” молекул сывороточного альбумина, накапливающихся при острых поражениях печени; фибриногена и тромбина при гиперкоагуляционных состояниях.

Функция первичного узнавания следует из самой природы е-АТ, а именно их предсуществования (находятся в организме до проникновения в него АГ).

Опосредованное е-АТ первичное узнавание, с одной стороны, является эффекторной функцией создания барьера на пути чужеродных агентов, прежде всего бактерий и вирусов: АТ-зависимый лизис, осуществляемый киллерами или системой комплемента, вирус-нейтрализация, опсонизация и активация компонентов комплемента, вызывающих положительный хемотаксис макрофагов. В то же время, первичное узнавание можно квалифицировать и как индукторную функцию, поскольку осуществление перечисленных выше эффекторных функций необходимо, главным образом, для стимуляции макрофагальной активности по отношению к чужеродным АГ и индукции “вторичного” узнавания, т.е. собственно иммунного ответа.

С точки зрения первичного узнавания для е-АТ, необходимо выполнение следующих условий:

- чтобы существовал достаточно широкий набор специфичностей для обеспечения большой вероятности узнавания любого АГ;
- чтобы активные центры е-АТ не были блокированы ауто-АГ и оставались доступными для взаимодействия с узнаваемым АГ.

За выполнение этих двух условий отвечают разные группы е-АТ: е-АТ содержатся в небольших количествах в сыворотке, в явном недостатке по сравнению с ауто-АГ; АТ составляющие мажорные популяции е-АТ и находящиеся в избытке обладают, наоборот, узкой специфичностью (например, изоагглютинины).

Изучение физиологической роли е-АТ с точки зрения функциональной значимости их специфичностей является актуальной проблемой в биотехнологиях оценки состояния организма.

В сыворотках здоровых людей были обнаружены АТ к инсулину и к клеткам поджелудочной железы, уровень которых оказался выше у больных диабетом и людей группы риска.

В сыворотках людей с острыми болезнями печени: циррозом, гепатитом, повышен уровень е-АТ к нативному и полимеризованному человеческому сывороточному альбумину. Обнаружены е-АТ к белкам системы свертывания крови. Антитела к тромбину могут оказывать влияние на свертывание крови, продемонстрировано наличие в нормальной сыворотке человека АТ к тромбину, считается что эти АТ могут оказывать влияние на свертывание крови, инактивируя тромбин.

У больных с гиперкоагуляционным статусом (тромбозы, травмы, некоторые инфекции, воспаления) наблюдается увеличение содержания е-АТ к фибриногену и продуктам деградации фибрина. Е-АТ к фибрину способны препятствовать его полимеризации в фибриноген и, тем самым, выступать в качестве антикоагулирующего агента.

Уровень е-АТ к миоглобину, содержащих его в качестве АГ, был измерен в норме и после физической нагрузки. Было показано, что у спортсменов после нагрузки уровень АТ к миоглобину повышается незначительно.

Сведений о е-АТ к гормонам, медиаторам и факторам роста к настоящему времени немного. Однозначно определить физиологическую роль е-АТ в настоящее время еще не представляется возможным. Однако содержание е-АТ в сыворотке крови при различных патологических процессах имеет определенную значимость. При резком повышении продукции е-АТ, наблюдающейся при аутоиммунных заболеваниях, эти АТ играют патологическую роль, являясь одним из факторов (вероятно вторичным) патогенеза.

Изменения в уровнях е-АТ часто наблюдаются при различных патологических состояниях, связанных с нарушениями метаболизма антигенных мишеней этих АТ. При этом в одних случаях увеличение их содержания играет патологическую роль – е-АТ к инсулину и клеткам поджелудочной железы, в других – защитную или гомеостатическую: способствуют выведению дефектных “состарившихся” молекул сывороточного альбумина, накапливающихся при острых поражениях печени (антиальбуминовые е-АТ), миоглобина, высвобождающегося в кровь при физических нагрузках (е-АТ к

миоглобину), фибриногена и продуктов его деградации при гиперкоагуляционных состояниях (е-АТ к фибриногену) или участвуют в поддержании гомеостаза, инактивируя факторы свертываемости крови (е-АТ к тромбину и фибрину) [4].

Увеличение содержания АГ в организме не обязательно является причиной повышения уровня е-АТ, а может сопровождаться, наоборот, его снижением, как в случае АТ к Т и Тп у больных карциномами. Это свидетельствует о том, что взаимоотношения между е-АТ и их эндогенными АГ могут быть более сложными, чем просто индукция антигеном дополнительного синтеза АТ. Вероятно, и сами е-АТ способны влиять на метаболизм соответствующего АГ.

Потенциально е-АТ могут выполнять три функции: функцию первичного узнавания, патогенетическую и гомеостатическую. Но в зависимости от физиологического состояния организма и изменения его антигенного состава проявляется преимущественно одна из функций. Разные виды е-АТ (по специфичности, принадлежности к классам Ig) могут различаться и видом функциональной активности. Вместе с тем роль е-АТ остается до настоящего времени мало изученной.

Таким образом, содержание е-АТ к ряду биорегуляторов изменяется в кровотоке человека при патологиях, обусловленных нарушением обмена соответствующих ключевых соединений, и в некоторых случаях коррелирует с активностью заболевания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Келина Н.Ю. Роль иммунобиохимического анализа в оценке состояния пациентов с кардиопатологией / Келина Н.Ю., Мамелина Т.Ю., Куликова О.А. [и др.] // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – Пенза : ПГТА, 2012. – № 02(06). – С. 142–146.

2. Мягкова М.А. Определение естественных антител к эндогенным биорегуляторам у больных игроманией методом иммуноферментного анализа / Мягкова М.А., Дудко Т.Н., Панченко Л.Ф.[и др.] // Наркология. – 2006. – № 12. С. 39–42.

3. Петроченко С.Н. Иммуноферментный анализ естественных антител к биогенным аминам и опиоидным пептидам в сыворотке крови человека : Автореф. дисс. ...канд. биол. наук. – М., 2009. – 24 с.

4. Avrameas S. “Natural autoantibodies: from “horror autotoxicus” to “gnothi seauton”” // Immunol Today-1991. – V. 12. – P. 154.

5. Boyden S.V. “Natural Antibodies and the Immune Response” In: Advanses in Immunology, ed by F.J. Dixon, J.H. Hhumphre - Academic. Press – New York – 1966. – 5 – P.1 – 28.

6. Grabar P. “Self” and “not-self” in immunology // Lancet. – 1974. – V.1, N 7870. – P.1320 – 1322.

7. Jerne N.K. “The generative grammar of immune system” // EMBO J. – 1985. – V. 4. – P. 847.

УДК 658.8.012.12

ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА ПЛАТНЫХ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ г. ПЕНЗЫ

© ***Т.Н. Позднякова***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

RESEARCH OF THE MARKET OF THE PAID MEDICAL SERVICES OF PENZA

© ***T.N. Pozdnyakov***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Рассмотрены специфические особенности медицинских услуг. Определены конкурентные преимущества медицинских учреждений. Проведено анкетирование жителей г. Пензы, направленное на выявление удовлетворённости населения региона количеством и качеством медицинских услуг, предлагаемых медицинскими центрами коммерческого типа. Выявлены наиболее значимые критерии при выборе медицинских учреждений данного типа.

Ключевые слова: исследование, опрос, анкета, платные медицинские услуги, конкуренция, пациент, потребности.

Specific features of medical services are considered. Competitive advantages of medical institutions are defined. Questioning of inhabitants of Penza, directed on revealing of satisfaction of the population of region by quantity and quality of the medical services offered by the medical centres of commercial type is spent. The most significant criteria are revealed at a choice of medical institutions of the given type.

Key words: research, poll, the questionnaire, paid medical services, a competition, the patient, requirements.

E-mail: tanjapozd@mail.ru

Переход к рыночным формам социально-экономических отношений стал для отрасли здравоохранения периодом интенсивных изменений, приведшим к появлению лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) с негосударственными формами собственности, что усилило конкуренцию оказываемых ими услуг [2]. Доля медицинских учреждений, оказывающих платные медицинские услуги, постоянно увеличивается. Существует целый ряд предпосылок для динамичного развития платной медицины: сокращение доли государственных лечебных учреждений; рост заболеваемости населения; увеличение доходов населения; из-за отсутствия специалиста невозможность получить услугу в бюджетном учреждении и пр.

Для того чтобы понять потребности пациентов, оценить конкурентов, получить объективную информацию о рынке, разработать прогнозы развития рынка и в конечном итоге обеспечить себе конкурентоспособное преимущество, медицинские учреждения коммерческого типа вынуждены всё чаще прибегать к маркетинговым исследованиям.

Исходя из этого нами было проведено исследование рынка платных медицинских услуг, направленное на выявление удовлетворённости жителей г. Пензы количеством и качеством медицинских услуг, предлагаемых коммерческими медицинскими учреждениями, а также оценка наиболее значимых

критериев при выборе ЛПУ данного типа. Маркетинговые исследования можно определить как систематическую подготовку и проведение различных обследований, анализ полученных данных и представление результатов и выводов в виде соответствующей конкретной маркетинговой задачи [3].

Исследование проводилось в несколько этапов:

1) выявление проблемы и формулирование целей исследования;

2) отбор источников, сбор и анализ вторичной информации;

3) планирование и организация сбора первичной информации;

4) систематизация и анализ собранной информации;

5) статистическая обработка результатов;

6) подготовка выводов по результатам исследования.

В изученной нами литературе крайне слабо освящены вопросы конкурентоспособности медицинских учреждений. По определению И.А. Тогунова, *конкуренция в здравоохранении* – это состояние и процесс взаимоотношений субъектов производства и потребления медицинских услуг в рамках специфической цивилизованной формы соперничества между медицинскими работниками (врачами) по достижению наивысшей степени удовлетворения целевых потребностей пациента [4]. Для того чтобы выдерживать конкуренцию на рынке медицинских услуг, организация должна обладать определёнными конкурентными преимуществами, представляющими интерес для потенциальных пациентов и медицинских работников. К таким преимуществам можно отнести:

- уникальность предлагаемых услуг;
- более высокое, чем у конкурентов качество оказываемых услуг;
- обширный ассортимент услуг;
- конкурентоспособные цены на медицинские услуги;
- гарантии качества предоставляемых услуг;
- удобный режим работы медицинских учреждений;
- высокую культуру обслуживания пациентов;
- коммуникационную политику, направленную на продвижение услуг;
- высокую квалификацию специалистов (врачей), оказывающих медицинские услуги;
- удобное месторасположение клиник и т.д.

Медицинская услуга – это профессиональные действия, направленные на сохранение или поддержание оптимального уровня здоровья конкретного индивидуума или группы лиц. При проведении маркетинговых исследований необходимо учитывать характерные особенности медицинских услуг. Перечислим некоторые из них:

1) неосязаемость (невозможность представить в материальном виде);

2) неотделимость от источника (услуга возникает в процессе контакта пациента с врачом);

3) несохраняемость (в зависимости от состояния здоровья пациент вынужден прибегать к медицинским услугам повторно);

4) непостоянство качества (качество услуги зависит от множества факторов – квалификация врача, его личные особенности; психологические характеристики пациента; степень доверия пациента к врачу и т.д.).

Кроме этого, медицинские услуги имеют специфические особенности, такие как: индивидуальный характер; неопределённость объёма требуемой помощи на начальном этапе; неопределённость времени возникновения услуги; наличие возможного риска; невозможность предварительной оценки объёма финансовых ресурсов; доверие пациента к врачу, оказывающему услугу; информационная асимметрия врача и пациента об объёме, качестве и результатах требуемой медицинской помощи и т.д. [3].

Из всех существующих способов сбора первичных данных в отношении качества обслуживания и стоимости предлагаемых услуг более всего целям маркетинга соответствуют наблюдение и опрос, позволяющий получить информацию об убеждениях и предпочтениях людей, о степени их удовлетворённости и т.д.

Проведённые исследования показали, что в настоящее время в г. Пензе насчитывается более 50 коммерческих организаций, предоставляющих медицинские услуги по разным направлениям. Для того чтобы установить месторасположение и распределение наиболее крупных медицинских центров, оказывающих платные медицинские услуги в г. Пензе, прежде всего были рассмотрены вторичные источники: электронные ресурсы, карта г. Пензы, официальные статистические данные. Анализ данных источников позволил выявить наиболее крупные медицинские центры, оказывающие платные медицинские услуги. В г. Пензе таких насчитывается 23 организации, расположены они в основном в центре города, в Железнодорожном районе. Среди них можно выделить наиболее крупные многопрофильные центры, такие как “Медиклиник”, “Медицина для Вас”, “Эскулап”, “Мед Микс плюс”, “Эс Класс Клиник” и т.д. Кроме многопрофильных центров, оказывающих услуги по многим направлениям, в г. Пензе существуют узкоспециализированные клиники: Биорезонанс (центр энергоинформационной медицины); Академия здоровья (лечение суставов, стоп, позвоночника); специализированная медицинская клиника Панацея (лечение зависимостей); Доктор Борменталь (центр красоты и здоровья) и др. При этом необходимо отметить, что практически у всех вышеперечисленных центров есть свои сайты, однако далеко не все отражают информацию, необходимую для пациентов.

Как было отмечено ранее, самым распространенным в маркетинговом исследовании и наиболее информативным источником получения информации являются опросы. Поэтому формой получения первичных данных нами был выбран анкетный опрос, который позволил с наименьшими затратами провести опрос большого количества людей. Разработанная анкета состояла из пятнадцати вопросов, содержащих как альтернативные, так и многоальтернативные типы вопросов. При ответе на многоальтернативные вопросы респондентам предоставлялась возможность выбрать не более трёх вариантов ответов. Заполнение анкеты не занимало много времени и длилось не более пяти минут, поэтому большинство опрашиваемых соглашалось поучаствовать в исследовании. В качестве критериев отбора использовались сфера профессиональной деятельности, возраст, уровень ежемесячного дохода. Количество опрашиваемых составило 100 человек.

Опрос проводился в ведущих коммерческих центрах здравоохранения г. Пензы. Анализ показал, что большинство из опрашиваемых, а именно 70 %, были женщины. Данный факт объясняется тем, что женщины намного чаще посещают медицинские центры, чем мужчины. Возраст большинства опрашиваемых составлял 20–50 лет (76 % респондентов); 50–65 лет – 22 % и лишь 2 % составляли люди в возрасте старше 65 лет. Этот факт объясняется низкой платёжеспособностью граждан пенсионного возраста и нежеланием пользоваться платными медицинскими услугами, если имеется возможность получить их бесплатно в государственных ЛПУ. На вопрос анкеты “Как часто Вы посещаете платные медицинские учреждения ради профилактики?” 45 % опрашиваемых ответило “По мере необходимости”, 20 % – “Не чаще 1 раза в год”; 25 % вообще не посещают данные заведения с этой целью и лишь 10 % посещают регулярно. Из чего следует, что большинство опрашиваемых не привыкли заботиться о своём здоровье заблаговременно, обращаются в медицинские учреждения по необходимости. При ответе на вопрос “Ваше отношение к платной медицине?” 36 % ответило “Скорее положительное, чем отрицательное”, 25 % – “Скорее отрицательное, чем положительное”, 14 % – “Безразличное”, 15 % – “Отрицательное” и лишь 10 % высказались в пользу платной медицины. Посетителям клиник был задан вопрос: “Что побуждает Вас пользоваться платными услугами?”. Структура ответов приведена на рисунке 1.

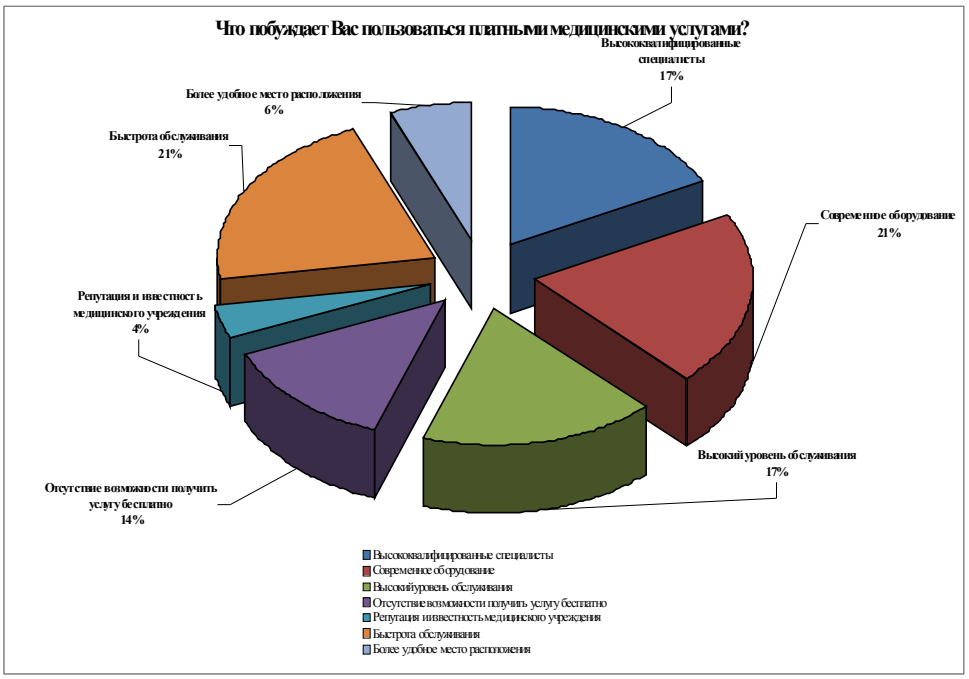


Рисунок 1 – Структура ответов на вопрос “Что побуждает Вас пользоваться платными медицинскими услугами?”

Как показывает диаграмма, наиболее значимым фактором, побуждающим население г. Пензы пользоваться платными медицинскими услугами, является быстрота обслуживания, на втором месте высокий уровень об-

служивания, на третьем месте современное оборудование и лишь некоторые из опрашиваемых ответили – удобное месторасположение, репутация и известность медицинского учреждения. Мы попросили респондентов дать более детальный ответ на вопрос, что они понимают под высоким уровнем обслуживания. В представлении потенциальных пациентов – это отсутствие очередей (является основополагающим фактором в условиях дефицита времени современного общества и нежелания сидеть в бесконечных очередях государственных поликлиник), внимательное отношение со стороны медицинского персонала, возможность записаться по телефону, внутреннее оформление центров.

Также нами был задан вопрос: “Какими услугами Вы пользуетесь наиболее часто?”. Предоставлялась возможность выбрать не более трех вариантов ответа. Результаты опроса приведены на рисунке 2.

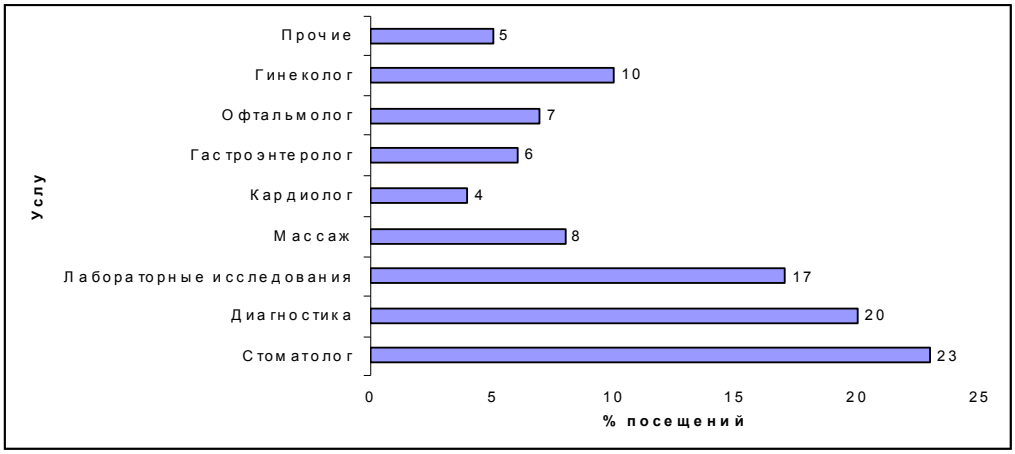


Рисунок 2 – Результаты ответов респондентов на вопрос “Какими услугами Вы пользуетесь наиболее часто?”

Самыми распространенными услугами, предлагаемыми многопрофильными центрами, являются стоматология, диагностика, лабораторные исследования, эндокринология, кардиология, гинекология/урология, массаж.

Хотелось бы отметить тот факт, что на вопрос “Какой многопрофильный медицинский центр Вы посещаете наиболее часто?” 35 % респондентов ответило “Медиклиник”, на втором месте “МидМикс” – 25 %, на 3 месте – “Медицина для Вас” и “Эскулап” – по 10 % и 20 % – другие центры. Большинство опрашиваемых обращается в тот или иной медицинский центр по совету родственников и знакомых – 31 %; 17 % – по рекомендации врача.

В анкете целый ряд вопросов был посвящён финансовым аспектам. Исследования показывают, что половина опрашиваемых потратила на платные медицинские услуги за 2012 год менее 3000 рублей; 22 % – не более 5000 рублей, 12 % – не более 15 000 рублей. Средняя сумма, которую тратят жители г. Пензы на обслуживание в платных медицинских центрах, составляет приблизительно 2500–3500 рублей в год. В среднем по стране данный показатель составляет 7000 – 10 000 руб. Это объясняется низкой платёжес-

пособностью населения г. Пензы и высокой стоимостью услуг данного типа, поэтому лишь небольшое количество граждан могут оплатить их.

Расчёт основных статистических показателей показал, что результаты нашего исследования достаточно репрезентативны. Посещаемость платных медицинских учреждений тесно коррелирует с уровнем дохода населения.

Проведённые исследования могут быть полезны для многопрофильных центров г. Пензы, оказывающих платные медицинские услуги, при формировании конкурентной позиции и изучении спроса на региональном рынке медицинских услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексунин В.А. Маркетинговые исследования рынка платных медицинских услуг Краснодарского края // Маркетинг в России и за рубежом. – 2005. – № 5. – С. 74–80.

2. Решетников А.В. Экономика здравоохранения : Учебное пособие / А.В. Решетников [и др.] ; Под ред. А.В. Решетникова. – 2-е изд. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 272 с.

3. Петрова Н.Г. Основы маркетинга медицинских услуг : Учебное пособие / Н.Г. Петрова, Н.И. Вишняков, С.А. Балохина, Л.А. Тептина. – М. : МЕДпрессинформ, 2008. – 112 с.

4. Тогунов И.А. Конкуренция в здравоохранении и медицине. – URL: http://www.medee.ru/post/view/9313 (дата обращения 28.04.2013)

УДК 338.012

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ УЩЕРБА ОТ АВАРИЙ, ПЕРЕДАВАЕМОГО НА ПЕРЕСТРАХОВАНИЕ

© ***В.Ф. Шишов***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

ESTIMATES OF THE VALUE DAMAGE FROM AN ACCIDENT, TRANSFER TO REINSURANCE

© ***V.F. Shishov***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье предложена методика, используя которую страховщик при страховании риска техногенных аварий и катастроф может оценить величину собственного удержания, величину риска, передаваемого на перестрахование, величину рисковой премии перестрахователю, а страхователь может оценить величину необеспеченного риска.

Ключевые слова: страхование техногенных рисков, страховой портфель, перестрахование эксцедента убыточности, распределение ущерба от аварий, величина собственного удержания страховщика, величина ответственности перестраховщика, величина рисковой премии перестрахователю.

The paper proposed a method, using which an insurer for insurance risks of industrial accidents and disasters can estimate the net retention, the amount of risk transferred to reinsurance, the reinsurer size of the risk premium, and the insurer can estimate the risk of unsecured.

Key words: Insurance man-made risks, portfolio insurance, excess of loss reinsurance, the distribution cost of an accident, the amount of equity holding of the insurer, the amount of liability reinsurance, the magnitude of the risk premium reinsured.

E-mail: vfshishov@mail.ru

Объёмы ущерба, причиняемого промышленными авариями и катастрофами в настоящее время, несопоставимы с теми, которые были в ещё недавнем прошлом. В связи с быстрым техническим и научным прогрессом промышленные предприятия всё больше подвергаются различным рискам, нередко приводящим к большим убыткам. Риски крупных промышленных аварий требуют мобилизации значительных страховых сумм для их покрытия, полностью взять на себя которые затруднительно для отдельного страховщика.

Задача обеспечения финансовой устойчивости требует от страховщика соблюдения целого ряда условий:

- наличия свободного от обязательств собственного капитала, необходимая величина которого повышается с ростом объёма страховых операций;
- незаключение договоров на страховые суммы, превышающие возможности страховщика гарантировать выполнение своих обязательств даже в случаях, когда величина убытка будет максимальной;
- формирование сбалансированного по объектам, размерам страховых сумм, страховым рискам и регионам страхового портфеля;
- недопущение превышения страховых выплат над страховыми премиями.

Каждой отдельно взятой страховой компании достаточно редко удаётся в одиночку решить все эти проблемы. Недостаточная величина собственного капитала может не позволить увеличивать объёмы страховых операций, а также не дать возможность удовлетворить потребности страхователей, желающих иметь страховое возмещение на крупные суммы.

Увеличение числа страховых случаев либо размеров ущерба от них по сравнению с ожидаемыми величинами, например в связи с какими-либо крупными аварийными ситуациями, может привести к тому, что размеры страховых выплат существенно превысят суммы полученной страховой премии, вероятность чего особенно высока для тех страховщиков, которые имеют в своём портфеле небольшое число договоров страхования.

В связи с этим для большинства страховых организаций необходимым условием обеспечения их нормальной деятельности и достижения финансовой устойчивости является передача определённой части страховых обязательств другим страховщикам.

Перестрахование как способ обеспечения финансовой устойчивости страховой компании. В практике страхования известны два метода перераспределения обязательств перед страхователями – сострахование и

перестрахование. Наиболее широко распространено перестрахование, которое играет значительную роль на страховом рынке:

- с помощью перестрахования страховщики могут сформировать у себя более сбалансированный страховой портфель;
- сокращается риск возникновения у страховщиков убытков от страховых операций;
- перестрахование способствует увеличению возможностей страховщика заключать договоры страхования на более высокие страховые суммы;
- заключение договоров перестрахования позволяет страховщикам регулировать соотношение между размерами собственного капитала и объёмом страховых операций;
- наличие возможности заключить договор перестрахования позволяет страховщикам более смело заниматься операциями по новым видам страхования;
- перестраховщики могут оказывать страховщикам различные услуги, необходимые для повышения эффективности их деятельности и т.д.

Исходя из взятых на себя перестрахователем и перестраховщиком обязательств, а также особенностей взаимоотношений сторон, различают факультативное и облигаторное перестрахование.

Суть облигаторного перестрахования, которое в настоящее время является ведущей формой перестрахования, состоит в том, что перестрахователь обязан передать в оговорённом размере перестраховщику свои обязательства по всем тем договорам страхования, которые соответствуют условиям заключённого договора перестрахования.

Несмотря на явную выгоду перестрахования с точки зрения влияния на финансовые результаты деятельности страховой компании, в нем заключено определенное противоречие. С одной стороны, перестрахование, имея задачей сбалансирование страхового портфеля, защиту его от крупных страховых случаев, положительно влияет на финансовые результаты деятельности передающей компании. С другой – перестрахование связано с передачей перестраховщикам части премии, иногда весьма значительной, и, следовательно, может ощутимо ухудшить финансовые показатели передающей компании в определённом году.

Из сказанного следует, что правильное определение размера перестрахования имеет важное значение для каждой страховой компании. Определяющим фактором в этом отношении является так называемое собственное удержание цедента, представляющее собой экономически обоснованный уровень суммы, в пределах которой страховая компания оставляет (удерживает) на своей ответственности определенную долю страхуемых рисков и передает в перестрахование суммы, превышающие этот уровень.

Наиболее экономически обоснованным, с точки зрения передающей компании, было бы установление собственного удержания по каждому страхуемому объекту (риску). Однако при большом количестве страхуемых рисков это практически невозможно осуществить. Подобная практика не только значительно усложнила бы механизм перестрахования, но и поставила

бы перестраховщика в положение, при котором ему передавались бы в перестрахование выборочные риски и он имел бы несбалансированный и, следовательно, опасный портфель перестрахований. Поэтому лимиты собственной ответственности или собственного удержания передающая компания-цедент, как правило, устанавливает в определённой сумме, относящейся ко всем страховым рискам по одному виду страхования – промышленные объекты, жилые строения и др. Например, собственное удержание передающей компании-цедента составляет 100 тыс. руб. Все принятые на страхование риски в пределах этой суммы остаются у цедирующего страховщика, а сверх ее передаются в перестрахование.

Установление собственного удержания цедента в размере, который полностью соответствовал бы этим требованиям, практически является весьма сложным делом. Действительно, если лимит собственного удержания установлен на заниженном уровне, страховая компания будет вынуждена передавать в перестрахование излишнюю часть премии, если, однако, лимит собственного удержания окажется слишком высоким, это может неблагоприятно сказаться на результатах прохождения дела по собственному удержанию. Как показывает практика, относительно оптимальный вариант лимита собственного удержания может быть установлен на базе данных за период 5–10 лет и при условии определенной стабильности состава страхового портфеля.

Определение цены договора о перестраховании. Считается, что при страховании рисков аварий и инцидентов наиболее удобным видом перестрахования является непропорциональное перестрахование, а внутри него – перестрахование эксцедента убыточности. Цель такого договора заключается в том, чтобы предоставить цеденту многостороннее перестраховочное покрытие на случай значительного колебания убыточности. Ответственность перестраховщика наступает в том случае, если убыточность перестраховочного портфеля по итогам года превысила определённую величину. При этом не имеет значение, в результате чего был превышен приоритет: вследствие кумуляции мелких убытков или наступления одного значительного убытка.

Для определения цены договора о перестраховании необходимо знать вид распределения большого ущерба (рис. 1): M – уровень собственного удержания; $X_{\max}$ – предел ответственности перестраховщика.

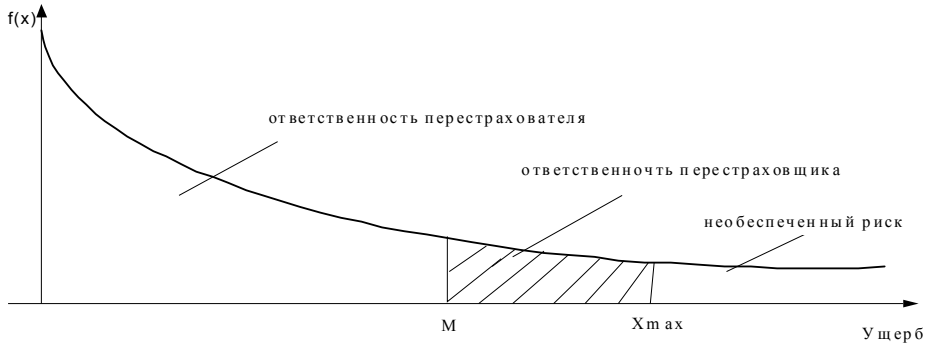


Рисунок 1 – Распределение ущерба от аварий

Очевидно, что рисковая премия при перестраховании будет равна математическому ожиданию ответственности перестраховщика, которое в свою очередь, составит интеграл по отрезку, определяемому границами ответственности перестраховщика

$$P_ч = \int_a^b x \cdot f(x) \cdot dx, \; a = \min x, \; b = \max x, \qquad (1)$$

где $f(x)$ – закон распределения ущерба.

Отметим, что возможно и пропорциональное перестрахование (которое может относиться ко всему диапазону ущерба или к некоторой его части и, в частности, может быть кусочным).

Математическую модель непропорционального (эксцедентного) перестрахования можно представить следующим образом. Пусть X – размер требований; M – уровень собственного удержания; Y – выплата страховщика; Z – выплата перестраховщика, тогда $X = Y + Z$.

Если $X < M$, то $Y = X$, $Z = 0$; если $X > M$, то $Y = M$, $Z = X - M$.

Для страховщика эффект данного вида перестрахования состоит не только в уменьшении средних значений страховых выплат, но еще и в уменьшении дисперсии страховых выплат, что создает предпосылки для снижения надбавки на безопасность (рисковой надбавки).

Покажем, что $M(Y) < M(X)$.

До перестрахования $\quad M(X) = \int_0^\infty x \cdot f(x) \cdot dx$.

После заключения договора об эксцедентном перестраховании

$$M(Y) = \int_0^M x \cdot f(x)dx + M \cdot \Pr(X > M) = \int_0^\infty x \cdot f(x)dx - \int_m^\infty x \cdot f(x)dx + M \cdot \int_m^\infty f(x)dx =$$

$$= M(X) - \int_M^\infty (x - M) \cdot f(x)dx = M(x) - \int_0^\infty y \cdot f(y + M)dy;$$

$y = x - M$; если $x > M$, то подынтегральная функция больше нуля, тогда интеграл больше нуля, следовательно, $M(Y) < M(X)$ [64].

Аналогично доказывается, что $D[y]<D[x]$.

Таким образом, для определения цены договора о перестраховании необходимо знать: вид закона распределения ущерба; уровень собственного удержания $M(X)$; предел – $x_{\max}$ и величину ответственности $M(Y)$ перестраховщика. Величина ущерба от аварий на энергетических сетях в ОАО “ПТК” и в каждом из его подразделений подчиняется экспоненциальному закону, и указанные показатели определяются с учетом соответствующего значения параметра λ (табл. 1), как

$$M[X]=\frac{1}{\lambda}, \qquad M[Y]=\frac{1-e^{-\lambda M}}{\lambda}. \qquad (2)$$

Таблица 1 – Ущерб в подразделениях ОАО “ПТК”

Показатель	Подразделение							
	ПЭ	ПТС	ТЭЦ-1	Пенз.ЭС	Кам.ЭС	Куз.ЭС	Н.-Л.ЭС	Серд.ЭС
Число аварий	48	36	64	532	197	240	116	178
Суммарный ущерб, тыс. руб.	42716,8	2330,6	42808,1	15742,5	3107,3	6663,3	14881,1	8552,6
Средний ущерб, тыс. руб.	889,9	64,7	668,9	29,6	15,8	27,8	128,3	48,1
Параметр показательного распределения	0,00112	0,01546	0,00149	0,03378	0,06329	0,03597	0,00779	0,02079

Зная закон распределения ущерба и определив по статистическим данным за 11 лет наблюдения оценку параметра распределения λ (табл. 1) для каждого подразделения, оценим величину собственного удержания страховщика $\tilde{m}_x$, величину ответственности перестраховщика $\tilde{m}_y$ и величину рисковой премии перестрахователю (табл. 2).

Таблица 2 – Величины страховой ответственности страховщика и перестраховщика

Подразделене	Показатель				
	$\tilde{m}_x$, тыс. руб.	$\tilde{m}_y$, тыс. руб.	Предельная ответственность перестраховщика, тыс. руб.	Рисковая премия, тыс. руб.	Необеспеченный риск, %
ПЭ	889,9	563,3	1453,2	197,2	14,6
ПТС	64,7	40,9	105,6	14,3	8,3
ТЭЦ-1	668,9	424,2	1093,1	148,5	14,1
Пенз. ЭС	29,6	18,7	48,3	6,5	4,7
Кам. ЭС	15,8	10,0	25,8	3,5	4,6
Куз. ЭС	27,8	17,6	45,4	6,2	2,5
Н.-Л. ЭС	128,3	81,1	209,4	28,4	1,7
Серд. ЭС	48,1	30,4	78,5	10,6	2,8

Величину рисковой премии при передаче ответственности перестраховщику определим по формуле (1). Рассчитанные показатели для известного закона распределения с соответствующими параметрами можно представить в следующем виде (рис. 2).

Аналогичная картина наблюдается и в других подразделениях ОАО “ПТК”. В ПТС ответственность страховщика составляет 64,7 тыс. руб., на перестрахование передаётся ущерб величиной от 64,7 до 105,6 тыс. руб. Необеспеченный риск составляет 8,3 % от суммарного ущерба (табл. 2).

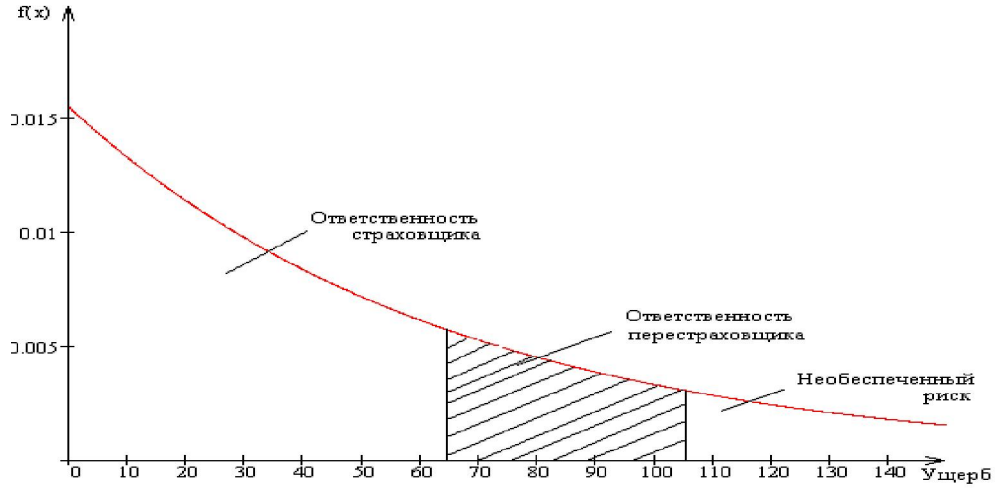


Рисунок 2 – Распределение ущерба на ПТС

Используя предложенную методику, страховщик при страховании риска аварий и катастроф в ОАО “ПТК” и его подразделениях может оценить величину собственного удержания, величину риска, передаваемого на перестрахование, величину рисковой премии перестрахователю, а страхователь может оценить величину необеспеченного риска.

Проведенные расчеты показывают, что при наступлении страхового события, а именно аварии на энергетических сетях региона, страховщику целесообразнее и выгоднее нести полную ответственность за возникшую аварийную ситуацию, ущерб от которой не превышает $M[X]$. Ущерб, который находится в пределах от $M[X]$ до $M[X]+M[Y]$, страховой компании лучше передать перестраховщику, для того чтобы частично компенсировать достаточно большую величину ущерба от аварии и обеспечить свою финансовую устойчивость. Аварии, ущерб которых превышает $M[X]+M[Y]$ (область необеспеченного риска), считаются аномальными. Количество таких аварийных ситуаций достаточно мало (от 1,7 до 14,6 % от общего числа аварий), но когда такого рода аварии все же случаются, то страховая компания несет довольно большие экономические потери, что часто приводит к ее разорению.

Заключение

При создании запаса материальных средств, предназначенных для проведения аварийно-восстановительных работ, а также запаса денежных средств на предупреждение и ликвидацию последствий аварий и катастроф используют принцип, согласно которому созданный запас должен соответствовать величине ущерба и при этом не должен быть избыточным. Решение проблем возмещения вреда, причиняемого опасным производством, возможно путём применения различных профилактических и восстановительных мероприятий. Одним из таких мероприятий является страхование гражданской ответственности за вред, причинённый при эксплуатации производственных объектов, которое позволит аккумулировать ма-

териальные средства для предотвращения и устранения последствий производственных аварий.

Для защиты имущественных интересов организаций и предприятий за счёт компенсации убытков страховыми компаниями вследствие наступления неблагоприятных событий в их хозяйственной практике применяется промышленное страхование (страхование техногенных рисков). Для определения страховых тарифов используется соответствующая статистика с поправками на изменение прогнозируемой ситуации по сравнению с исходной.

Для большинства страховых организаций необходимым условием обеспечения их нормальной деятельности и достижения финансовой устойчивости является передача определённой части страховых обязательств другим страховщикам – перестрахование. При страховании техногенных рисков наиболее удобным видом перестрахования является непропорциональное перестрахование, а внутри него – перестрахование эксцедента убыточности. Для определения цены договора о перестраховании необходимо знать вид распределения ущерба.

Ущерб от аварий на энергетических сетях в ОАО “ПТК” и в каждом из её подразделений имеет показательное распределение с соответствующими параметрами. По этим данным определены величина собственного удержания страховщика и величина ответственности перестраховщика. Предложенная методика позволяет страховщику оценить величину собственного удержания, величину риска, передаваемого на перестрахование, а страхователь может оценить величину необеспеченного риска. Всё это, в конечном итоге, позволит предприятию минимизировать затраты на предупреждение и ликвидацию последствий техногенных аварий и катастроф, проведение аварийно-восстановительных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов А.Ю., Мхитарян В.С., Шишов В.Ф. Статистический анализ данных в MS Excel : Учеб. пособие. – М. : ИНФРА-М, 2012. – 320 с.

2. Корнилов И.А. Основы страховой математики : Учеб. пособие для вузов. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 400 с.

3. Черчмен У., Акоф Р., Арноф Л. Введение в исследование операций : Пер. с англ. – М. : Наука, 1967. – 485 с.

4. Шишов В.Ф., Мхитарян В.С., Козлов А.Ю. Прогнозирование запаса средств для ликвидации последствий техногенных аварий // Прикладная эконометрика. – 2010. – № 3(19).

5. Шишов В.Ф., Мхитарян В.С., Козлов А.Ю. Теория вероятностей и математическая статистика : Учебник. – М. : Академия, 2012. – 416 с.

6. Пензастат. – URL: http://pnz.gks.ru/

УДК 66-5: 66-7.

ОЧИСТКА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БАЛЛОНОВ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ПОТОКОМ ДРОБИ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

© ***К.Р. Таранцева***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***А.В. Тразанов***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

CLEANING THE INSIDE SURFACE OF THE CYLINDER PULSED FRACTION IN A FLUIDIZED BED

© ***K.R. Tarantseva***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***A.V. Trazanov***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Предложены метод и устройство для очистки внутренних поверхностей газовых баллонов пульсирующим потоком дроби в кипящем слое. Приведены результаты сравнительных испытаний, подтверждающих эффективность предложенного способа.

Ключевые слова: безопасность, техническое освидетельствование, техническое обслуживание, очистка, внутренняя поверхность, баллон.

Proposed method and a device for cleaning the internal surfaces of gas cylinders pulsed fraction in the fluidized bed. Results of comparative tests confirm the effectiveness of the proposed method.

Key words: security, technical examination, maintenance, cleaning, inner surface, balloon.

Развитие мировой экономики обусловило рост производства и потребления различных (горючих и не горючих) газов, что в свою очередь вызвало необходимость решения многих технических проблем, связанных с производством, хранением и транспортированием этих газов. Одновременно это привело к необходимости разработки, организации производства, технического обслуживания в процессе эксплуатации и утилизации широкого ассортимента сложных технических устройств (приборов, аппаратов, сосудов и арматуры) для их использования, прежде всего газовых баллонов.

По данным производственных и эксплуатирующих организаций основными причинами потери работоспособности газовых баллонов являются механическое повреждение и истирание, коррозионный износ, потеря прочности материала (табл. 1). Данные причины могут приводить не только к утечкам газа, но и к авариям и катастрофам.

Таблица 1 – Основные причины выхода из строя газовых баллонов

Причины выхода из строя	Доля выходов из строя, %
Дефекты производства, в том числе:	40
- конструирование и технология	12
- изготовление	8
- сборка	9
- материал	7
- ремонт	4
Дефекты эксплуатации, в том числе:	43
- техническое обслуживание (освидетельствование)	27
- нарушение условий эксплуатации	16

Окончание таблицы 1

Причины выхода из строя	Доля выходов из строя, %
Внешние причины, в том числе:	17
- инородные тела	8
- смежные узлы	7
- перегрузка при эксплуатации	2

Из приведенных данных можно сделать вывод, что преобладающими причинами выхода из строя газовых баллонов являются дефекты производства и дефекты эксплуатации. В процессе эксплуатации данная проблема может быть решена путем проведения качественного периодического освидетельствования баллонов.

В соответствии с действующими правилами газовые баллоны должны подвергаться периодическому техническому освидетельствованию для подтверждения требуемых параметров безопасности и продления периода эксплуатации сосуда [1].

В настоящее время освидетельствование газовых баллонов чаще всего проводится на наполнительных станциях и реже в специализированных испытательных организациях. Заинтересованность наполнительных станций в минимизации процента бракованных баллонов приводит к устареванию парка баллонов. Необоснованное продление срока эксплуатации баллона недопустимо, так как газовый баллон является источником повышенной опасности. Необходима качественная и точная диагностика предельного состояния баллона.

Предельный износ, обуславливающий потерю работоспособности для баллона, легко устанавливается по техническому критерию при очередном периодическом освидетельствовании, например по увеличению объемной вместимости или уменьшению массы, дефекту резьбы в горловине баллона, потере герметичности или нарушению сплошности основного металла на внутренней поверхности баллона (как правило, проявляется при коррозионном изнашивании). Этого нельзя сказать о допустимом износе, неправильное его установление обнаружится с большим запозданием и может привести к катастрофическим последствиям (катастрофам техногенного характера).

Для диагностирования степени изнашивания внутренней поверхности баллон очищают. Существующие способы очистки баллонов и оборудование для их осуществления условно можно разделить на два основных типа: механическая (цепями или иным зафиксированным элементом) и дробеструйная очистки.

Механическая очистка, чаще всего, заключается в установке внутрь баллона штанги с закрепленными на ней цепями, при этом баллон должен быть зафиксирован, вентиль вывернут. За счет вращения штанги, под действием центробежных сил цепи расходятся и механически воздействуют на внутреннюю поверхность баллона, очищая ее.

Метод механической очистки цепями, как и оборудование для его осуществления, несмотря на широкое распространение на практике, малоэффективен, так как не позволяет очищать донную часть и горловину баллона. Кроме того, типоразмер очищаемых баллонов ограничен резьбой горловины и длинной баллона (для каждой из длин баллонов требуется своя штанга). Из-за дисбаланса штанги, достигающей в длину до двух метров, возникают удары

штанги о стенки баллона, повреждение резьбы горловины, обрыв цепи. Эксплуатация стендов, реализующих данный способ, затрудняется необходимостью строгой фиксации баллона относительно штанги (соосность и расстояние от дна баллона до штанги). Частично эти проблемы решаются за счет установок шпинделей штанги, вворачивания втулки кондукторной в горловину баллона, установки средств координации положения баллона (пневмоцилиндр подъема и опускания баллона) и т. д., но все эти меры не позволяют полностью решить все существующие проблемы данного способа.

Более перспективным является способ дробеструйной очистки внутренней поверхности, заключающийся в направленной подаче дроби под давлением на очищаемую поверхность, что позволяет относительно равномерно очищать внутреннюю поверхность. Однако и данному методу присущи недостатки (образуется наклеп и чешуйчатое расслоение на очищаемой поверхности, наблюдается повышенный уровень содержания мелкодисперсных твердых частиц в воздухе, возрастание уровня шума в рабочей зоне и т.д.).

В данной работе исследована возможность очистки внутренней поверхности за счет пульсирующего перемешивания дроби в кипящем слое воздуха внутри баллона и сравнение этого способа с существующей дробеструйной очисткой внутренней поверхности баллона.

Испытания дробеструйной обработки проводились на стенде очистки внутренней поверхности баллона ICS80+180 (Италия), подключенного к источнику сжатого воздуха давлением 0,6 МПа класса чистоты не грубее 12 по ГОСТ 17433-80. В качестве контрольных образцов выступили газовые баллоны V = 10л, ∅140, L = 900 и V = 50л, ∅219, L = 1755 ГОСТ949. Испытания проводились в цеховых условиях [2] (температура воздуха 19...21 °С, относительная влажность 40–60 %) в соответствии с руководством по эксплуатации и техобслуживанию на данное изделие [3]. Оценка внутренней поверхности производилась методом визуального контроля [4, 5]. При очистке использовалась дробь стальная ($\varnothing_{min}$ = 0,7 мм, $\varnothing_{max}$ = 1,0 мм).

Рабочими образцами выступили аналогичные газовые баллоны, имеющие близкую к контрольной степень износа внутренней поверхности. Условия проведения испытаний были аналогичными по всем основным параметрам (температура, давление, влажность и т.д.).

В результате эксперимента было выявлено низкое качество обработки внутренней поверхности при применении способа дробеструйной очистки и сложность всего технологического процесса (рис. 1, 2).

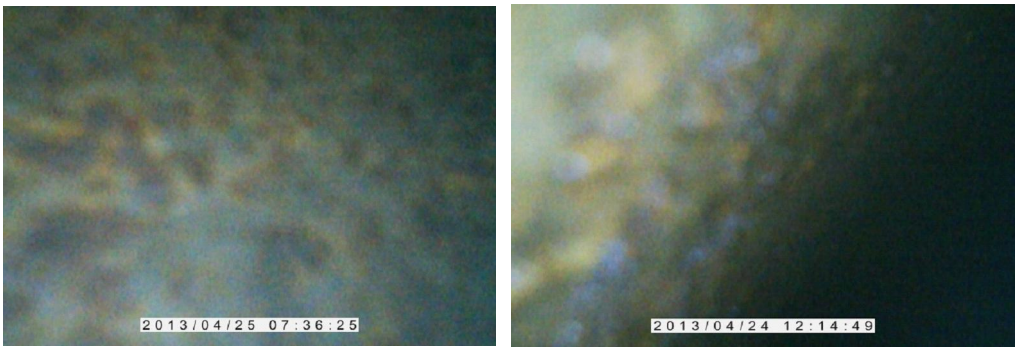


Рисунок 1 – Внутренняя поверхность баллонов объемом 10 и 50 л ГОСТ949 до очистки на стенде ICS80+180

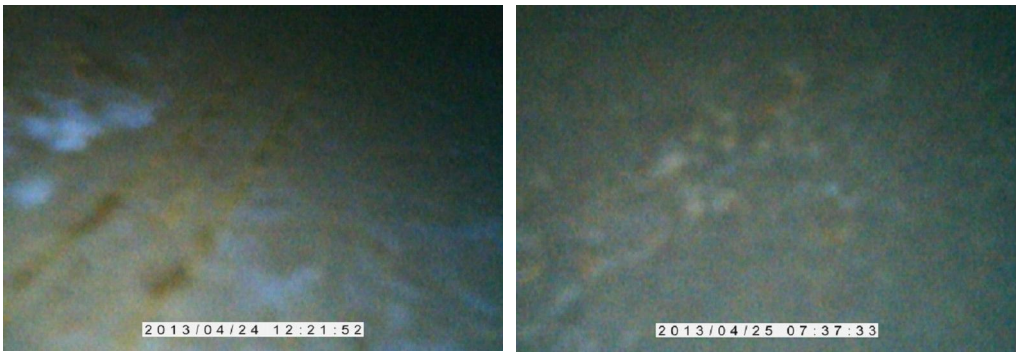


Рисунок 2 – Внутренняя поверхность баллонов объемом 10 и 50 л ГОСТ949 после очистки на стенде ICS80+180

Достоинством дробеструйной очистки по сравнению с механической обработкой являются: равномерность очистки, возможность очистки донной части и горловины.

В сравнении с механической очисткой цепями внутренней поверхности на стенде ICS80+180 так и не удалось избежать перемещения штанги с соплом для подачи дроби, а следовательно, и удары штанги о дно баллона не устранены.

Данный стенд осуществляет автоматическую очистку только баллонов малого объема, для этого баллон устанавливается в камере для очистки горловиной вниз и фиксируется, вентиль должен быть предварительно вывернут. После установки баллона через горловину в баллон автоматически вводится штанга с соплом для подачи дроби, во время очистки баллон вращается, что создает равномерную очистку внутренней поверхности. Дробь после обработки удаляется через горловину (баллон перевернут горловиной вниз).

Баллоны среднего объема устанавливаются на приставную установку, с предварительно вывернутым вентилем, не фиксируясь, так как установка огорожена, переворачивается в горизонтальное положение. Затем вручную устанавливается соосность горловины и штанги с соплом для подачи дроби. После чего происходит подача штанги в баллон, причем штангу необходимо вручную удерживать в течение всего процесса очистки, а баллону задается вращение. Дробь из баллона удаляется путем переворачивания баллона горловиной вниз, но стенд позволяет перевернуть баллон только на $45°$ горловиной вниз, следовательно, обеспечить полное удаление дроби автоматически стенд не позволяет. После данной операции дробь вручную отсасывается через специальную трубу из баллона. Затем проходит через фильтрующие элементы и собирается в баке для повторного использования.

Общее время очистки одного баллона составляет от тридцати минут до одного часа, в зависимости от загрязненности баллона.

Также стоит отметить низкое качество сборки стенда ICS80+180 (отсутствует герметичность соединений трубопроводов, низкое качество резов патрубков и сварных соединений). При кантовании газового баллона после установки его на стенд из-за меньшей длины баллона происходит удар горло-

вины баллона об ограничитель перемещения (происходит повреждение горловины баллона и самого стенда). При очистке внутренней поверхности баллона ощущается повышенный уровень вибрации и шума (в кантователе центр масс находится на высоте (порядка метра) и установлен на маложестких опорах, следовательно, при продолжительной работе стенда подшипники в подшипниковых опорах выйдут из строя или произойдет разрушение самих несущих балок поворотного механизма), также из-за отклонения от цилиндричности наружной поверхности баллона при его вращении на поворотных опорах общий уровень вибрации возрастает. На стенде предусмотрен только один проход штанги с дробеструйным соплом, поэтому при обработке внутренней поверхности баллона (для повторной очистки того же баллона или вновь установленного на стенд необходимо вручную расфиксировать штангу с дробеструйным соплом и вернуть её в начальное положение). При кантовании баллона не предусмотрено промежуточных положений, изменение направления поворота возможно только при достижении конечного положения баллона (это связано с особенностью конструкции). После проведения всех операций по удалению дроби из внутренней полости баллона на ICS80+180 в баллоне оставалось порядка 1 кг дроби (выявлено при вертикальном кантовании баллона горловиной вниз и обстукивании).

Перед началом работы на стенде необходимо убедиться в подаче дроби через сопло штанги, так как схема подачи дроби из накопительного бака через фильтрующий элемент имеет низкую надежность (дробь забивает сетку фильтрующего элемента, слеживается и не поступает в трубопровод), также при эксплуатации существует опасность намокания дроби, это приводит к слипанию части дроби, что нарушает работу фильтрующего элемента и выводу из строя оборудования. Недостатком данного стенда является также высокая стоимость.

Более эффективный способ очистки внутренней поверхности баллона был реализован путем вворачивания в горловину головки с штангой для сброса избыточного давления, вентиль предварительно выворачивается. Испытания проводились на двух типоразмерах баллонов объемом 50 и 10 л, ГОСТ 949. Следовательно, и головки были изготовлены под два типоразмера резьб в горловине W27,8 и W19,2 ГОСТ 9909 (рис. 3).

Рисунок 3 – Головка для очистки внутренней поверхности баллона

После засыпки в баллон порции аналогичной дроби (в зависимости от объема баллона) и установки штуцера на баллон было произведено подключение входного фитинга головки через блок пульсации к питающей сети с давлением 0,6 МПа и кантование баллона горловиной вниз (рис. 4).

В результате первых испытаний устройства для очистки замкнутых объемов были выявлены недостатки в принципиальной пневматической схеме установки, в процессе работы блок пульсации забило дробью, так как при очистке в баллоне создавалось повышенное давление, которое не успевало стравливаться через узкую трубку с фильтрующим элементом, которая создавала пневматическое сопротивление на выхлопе. Часть воздуха с дробью в процессе пульсаций пошла на выхлоп блока пульсации, забив распределитель.

Общее время очистки внутренней поверхности баллона занимает от десяти до двадцати минут.

В результате испытаний была подтверждена эффективность данного метода очистки (рис. 4, 5), также данное устройство на порядок дешевле ближайшего аналога итальянской фирмы Vanzetti.

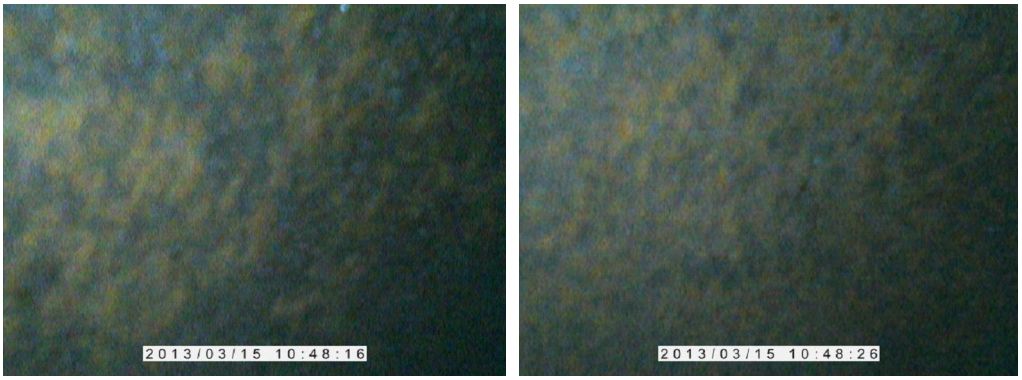


Рисунок 4 – Внутренняя поверхность баллона объемом 10 л, диаметр цилиндрической части 140 мм, длина баллона 900 мм ГОСТ 949 до очистки предлагаемым методом

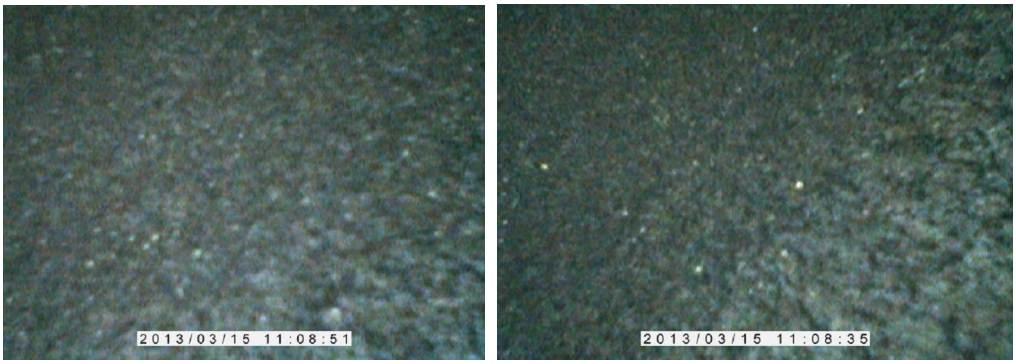


Рисунок 5 – Внутренняя поверхность баллона объемом 10 л, диаметр цилиндрической части 140 мм, длина баллона 900 мм ГОСТ 949 после очистки предлагаемым методом

По результатам испытаний был предложен комплекс мер по оптимизации данного процесса: установка отражателя на входе воздуха в баллон для распределения потока дроби и создания внутри баллона восходящего вихревого потока вдоль стенок, доработка принципиальной пневматической схемы с целью надежного перекрывания обратного потока воздуха с дробью и снижения воздушного сопротивления на выходе из баллона, также необходимо увеличение расхода воздуха на входе в баллон и увеличение разницы давлений внутри баллона и на входе в него (желательно с сохранением питания стенда сетью низкого давления, без установки ресивера). После доработки данного устройства предполагаются повторный комплекс более глубоких испытаний с протоколированием выходных параметров и оценка эффективности данного метода по параметру класса шероховатости внутренней поверхности баллона.

Таким образом, задача по повышению качества диагностирования допустимого, или предельного состояния газового баллона должна решаться комплексно на всех этапах технологического процесса периодического освидетельствования. Необходимо расширение мероприятий по техническому обслуживанию баллонов для сжатых и сжиженных газов. Метод циркуляционной очистки замкнутых объемов и устройство для его осуществления имеют определенную эффективность, но необходима дальнейшая доработка и доводка данного изделия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.

2. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

3. Руководство по эксплуатации и техобслуживанию: Модуль дробеструйной очистки внутренней поверхности баллонов – принадлежность для ICS80 (h_{min}= 850 мм – h_{max}= 1800 мм).

4. ГОСТ Р ЕН 13018-20. Визуальный контроль. Основные положения. (EN13018:2001 “ Non-destructive testing – Visual testing – General principles”).

5. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

УДК 51-74:621.317

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ МНОГОПОЛЮСНИКИ В ЗАДАЧАХ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

© ***А.В. Киреев***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

THE EQUIVALENT MULTIPOLE IN TASKS RECONSTRUCTION OF ELECTROIMPEDANCE IMAGES

© ***A.V. Kireev***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Рассмотрены особенности реконструкции электроимпедансных изображений на основе эквивалентных схем замещения тела. Сформулированы требования, предъявляемые к внутренней структуре эквивалентной схемы замещения в рамках задачи реконструкции. Описаны структуры, обеспечивающие достижение максимального качества реконструкции и принципы определения оптимальной формы тестовых сигналов. Предложены подходы к геометрической интерпретации параметров эквивалентной схемы.

Ключевые слова: электрический импеданс, реконструкция, томография, эквивалентная схема, структура, интерпретация, эквипотенциаль.

Features of electroimpedance images reconstruction on a basis of the equivalent circuits of body substitution are considered. The requirements to an inner pattern of the substitution equivalent circuit within the task of reconstruction are formulated. Structures providing achievement of the maximum quality reconstruction and the principles of the determination test signals optimum form are described. Approaches to geometrical interpretation of the equivalent circuit parameters are offered.

Key words: electric impedance, reconstruction, tomography, equivalent scheme, structure, interpretation, equipotential surface.

E-mail: kireewska@mail.ru

Задача реконструкции картины распределения электропроводности внутри тела по результатам измерения электрических потенциалов на поверхности, вызванных действием внешних зондирующих токов, представляет большой практический интерес, так как её решение открывает перспективы создания весьма ценных методов неразрушающего контроля внутренней структуры электропроводящих объектов [1]. К достоинствам этих методов относятся простота, компактность и мобильность измерительной аппаратуры; быстрота и оперативность применения, а также – абсолютная безвредность для человека и животных. Кроме того, для некоторых структурных образований различия электропроводности могут проявляться значительно ярче различий других физических параметров, измеряемых в традиционных интроскопических методах (атомный номер, протонная плотность и акустическое сопротивление). Поэтому в ряде случаев интроскопические методы, основанные на измерении электропроводности, могут обеспечивать очень высокую контрастную чувствительность, позволяя обнару-

живать неоднородности, недоступные для регистрации другими методами. Несмотря на очевидные преимущества, интроскопические методы, основанные на исследовании пассивных электрических свойств, в настоящее время получили весьма ограниченное распространение.

Сложившаяся ситуация в первую очередь связана с несовершенством существующих алгоритмов реконструкции и методов сбора первичной измерительной информации, часто неспособных обеспечить требуемое качество картины исследуемой внутренней структуры. В частности, существующие методы имеют слишком низкую пространственную разрешающую способность, недостаточную для большинства практических приложений [2].

С математической точки зрения реконструкция пространственного распределения электропроводности представляет собой нелинейную плохообусловленную задачу, решение которой в наиболее общей постановке является крайне сложным. Поэтому на практике широко используются разнообразные упрощенные модели, основывающиеся на введении ряда допущений и ограничений (часто необъективных), позволяющие существенно упростить задачу реконструкции и достичь высокой вычислительной эффективности создаваемых на их основе алгоритмов. Так, при реконструкции структуры геологических разрезов широкое распространение получил метод инверсии [3], который заключается в итеративном уточнении параметров среды, структура которой заранее задана определённой моделью. При этом на каждой итерации минимизируется невязка между измеряемыми величинами и результатами решения прямой задачи для заданных параметров среды. При реконструкции внутренней структуры тканей и органов тела человека применяется метод обратного проецирования [2], основанный на предположении о прямой взаимосвязи ширины зоны проводимости и градиента электрического потенциала в среде.

Именно несоответствие допущений, принимаемых в существующих алгоритмах, реальным условиям задачи реконструкции следует рассматривать как основную причину неудовлетворительного качества получаемых с их помощью результатов. Поэтому в настоящее время активно ведутся поиски новых, более адекватных моделей электропроводности тела с целью разработки на их основе более совершенных алгоритмов. Эта проблема привлекает к себе всё больше внимания со стороны различных исследователей но, несмотря на отдельные успехи, достигнутые в этом направлении [4, 5], в целом состояние проблемы находится пока ещё слишком далеко от своего окончательного решения.

Решение задачи реконструкции распределения пассивных электрических параметров внутри тела может основываться на предварительной оценке параметров эквивалентной схемы замещения реального тела, которое, как известно, представляет собой электрическую цепь с распределёнными параметрами. Корректность такого подхода обосновывается тем, что количество точек подключения к исследуемому телу, используемых в реальных измерениях, всегда конечно. Вследствие этого конечным также является и максимальное число параметров исследуемого тела, которые возможно

оценить в данных условиях независимо от числа проводимых измерений. Таким образом, эквивалентный пассивный многополюсник, содержащий достаточное число элементов, может абсолютно точно моделировать пассивные электрические свойства любого объекта-оригинала, а в результате оценки его параметров можно получить всю полезную информацию о внутренней структуре исследуемого объекта.

Главное достоинство данного подхода состоит в обеспечении максимальной полноты, минимальной избыточности и минимальной зашумлённости получаемой информации, что существенно упрощает её дальнейшую интерпретацию. Кроме того, анализ цепи эквивалентного многополюсника позволяет определить оптимальные условия измерений, обеспечивающие достижение максимальной скорости сбора экспериментальных данных, что весьма затруднительно сделать в случае подхода, основанного на методе конечных разностей.

Особенностью применения эквивалентных многополюсников является отсутствие изначальной привязки их параметров к реальным геометрическим координатам. С одной стороны, это несколько затрудняет интерпретацию результатов, но, с другой стороны, не накладывает жестких ограничений на минимальные размеры регистрируемых неоднородностей внутренней структуры и, следовательно, не ограничивает пространственную разрешающую способность, которую можно достигнуть при заданном числе полюсов.

В структуре многополюсника можно выделить три типа элементов:

1 – собственно пассивные элементы, параметры которых зависят от параметров исследуемого тела и их геометрического распределения;

2 – полюсы, представляющие собой внешние точки соединения пассивных элементов, между которыми могут быть измерены разности потенциалов и к которым могут быть подведены дополнительные внешние токи;

3 – узлы, представляющие собой внутренние точки соединения пассивных элементов, недоступные для измерений потенциалов и подведения токов.

Исчерпывающее математическое описание многополюсника даёт взвешенная матрица смежностей [6], каждый элемент которой содержит параметры пассивного элемента, соединяющего определённые узлы или полюсы. При этом каждому узлу и каждому полюсу многополюсника соответствует определённая строка и определённый столбец взвешенной матрицы сопряженности.

Для достижения максимального пространственного разрешения получаемой реконструкции эквивалентный многополюсник должен содержать как можно больше пассивных элементов. Однако, в случае линейного многополюсника, максимальное число однозначно диагностируемых элементов ограничено числом его полюсов p, так как падения напряжения на полюсах однозначно связаны с втекающими в них токами соотношением [7]

$$\varphi = Z \cdot j, \qquad (1)$$

где $j = \{i_1, i_2, i_3, \dots i_p\}$ – вектор токов, входящих в полюсы, $\varphi = \{\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_p\}$ – вектор их потенциалов, Z – неопределённая матрица импедансов.

Максимальное число однозначно диагностируемых элементов многополюсника не может превышать число элементов матрицы Z, которая однозначно определяет его пассивные электрические свойства. Учитывая, что потенциал одного из полюсов многополюсника может принимать произвольное значение, а внешний ток одного из его полюсов тождественно равен сумме токов в остальных полюсах, максимальное число однозначно диагностируемых элементов окончательно можно определить как $(p\text{-}1)^2$.

Ещё одним условием однозначной диагностируемости многополюсника является отсутствие в его структуре топологических неопределённостей, элементы в которых невозможно диагностировать по результатам измерений на полюсах. Простейшими примерами таких неопределённостей являются последовательное (а) и параллельное (б) соединения (см. рис. 1). Более сложные топологические неопределённости всегда можно свести к простейшим путём эквивалентных преобразований. Так, неопределённость “звезда в треугольнике” (в) может быть преобразована в треугольник из пар параллельно соединённых пассивных элементов, а из неопределённости “крест в квадрате” (г) может быть выделено последовательное соединение двух пассивных элементов.

Для заданного числа полюсов существует несколько вариантов структуры однозначно диагностируемого многополюсника, число которых увеличивается с увеличением числа полюсов. Среди них наибольший интерес представляют регулярные структуры, в которых все узлы имеют одинаковую валентность.

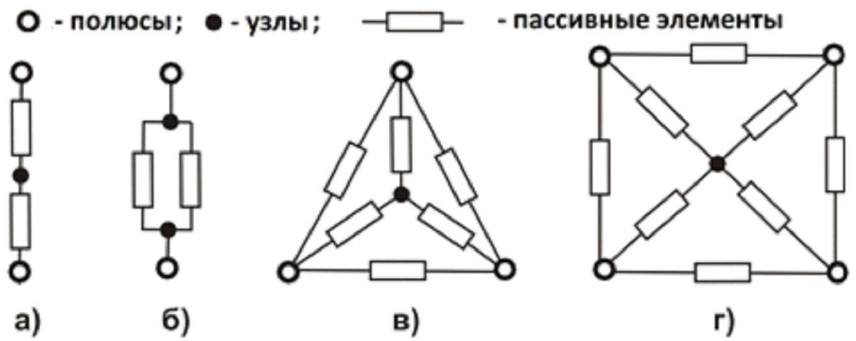


Рисунок 1 – Примеры топологических неопределённостей

В случае регулярной структуры все элементы эквивалентного многополюсника предполагаются равноценными. В условиях отсутствия априорной информации о внутренней структуре исследуемого тела такое предположение является вполне обоснованным. Использование многополюсника с нерегулярной структурой может быть оправдано только при совпадении геометрического положения нерегулярностей с неоднородностями внутренней структуры тела. В остальных случаях это приведёт к снижению качества реконструкции.

Структура эквивалентного многополюсника, допускающая простую геометрическую интерпретацию должна обеспечивать возможность установления однозначного соответствия между его элементами и отдельными областями структуры тела. В случае изотропной среды для этого каждой выделенной области исследуемого тела должен соответствовать единственный элемент многополюсника. Наиболее полное соответствие при этом возможно установить только для компактных выделенных областей, так как ориентация выделенной области зависит от направления протекания тока и, следовательно, при разных измерениях будет разной. В случае плоской задачи указанным требованиям может удовлетворить только структура планарного графа, не содержащая пересекающихся рёбер. В случае объёмной задачи, для обеспечения компактности, структура многополюсника не должна содержать скрещивающихся рёбер.

Существует лишь небольшое число регулярных структур, полностью удовлетворяющих перечисленным требованиям. Это тригональная (а), тетрагональная (б) и гексагональная (г) плоские структуры (рис. 2). А также тетраэдрическая, кубическая и додекаэдрическая объёмные структуры.

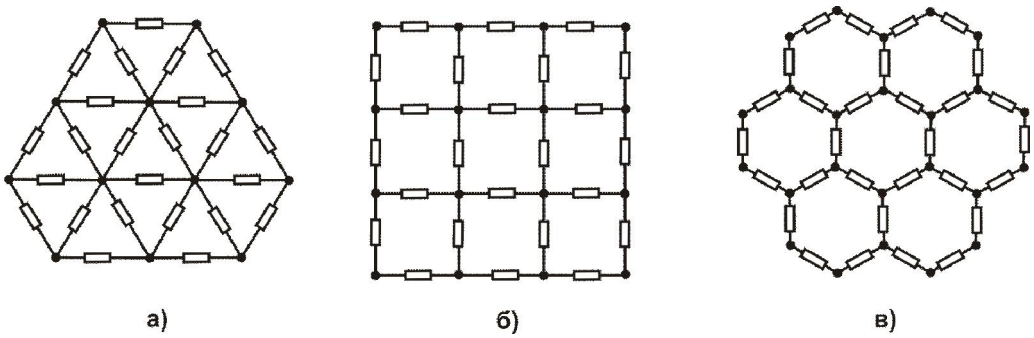


Рисунок 2 – Примеры плоских регулярных структур:
а) тригональная, б) тетрагональная, в) гексагональная

Необходимо отметить, что тригональная и гексагональная структуры в электрическом отношении эквивалентны друг другу и могут быть преобразованы одна в другую с помощью преобразований “треугольник – звезда”. То же самое относится к тетраэдрической и додекаэдрической структурам.

Среди рассмотренных плоских структур при заданном числе полюсов тетрагональная структура многополюсника обеспечивает максимальное продольное разрешение и максимальную глубину зондирования. Это связано с тем, что в тетрагональной структуре на каждый поперечный слой реконструкции приходится минимальное число пассивных элементов и общее число поперечных слоёв получается большим. Тригональная и эквивалентная ей гексагональная структуры, напротив, обеспечивают большое поперечное разрешение при сравнительно небольших продольном разрешении и глубине зондирования. Таким образом, разные структуры эквивалентной схемы замещения соответствуют разным режимам зондирования (рис. 3).

Режим дальнего зондирования, основанный на тетрагональной структуре, обеспечивает максимальное качество реконструкции на больших глубинах. Режим ближнего зондирования, основанный на тригональной и гексагональной структурах, обеспечивают максимальное качество реконструкции вблизи поверхности исследуемого тела. Здесь прослеживается аналогия с ближним и дальним фокусами, используемыми в ультразвуковой диагностике [2].

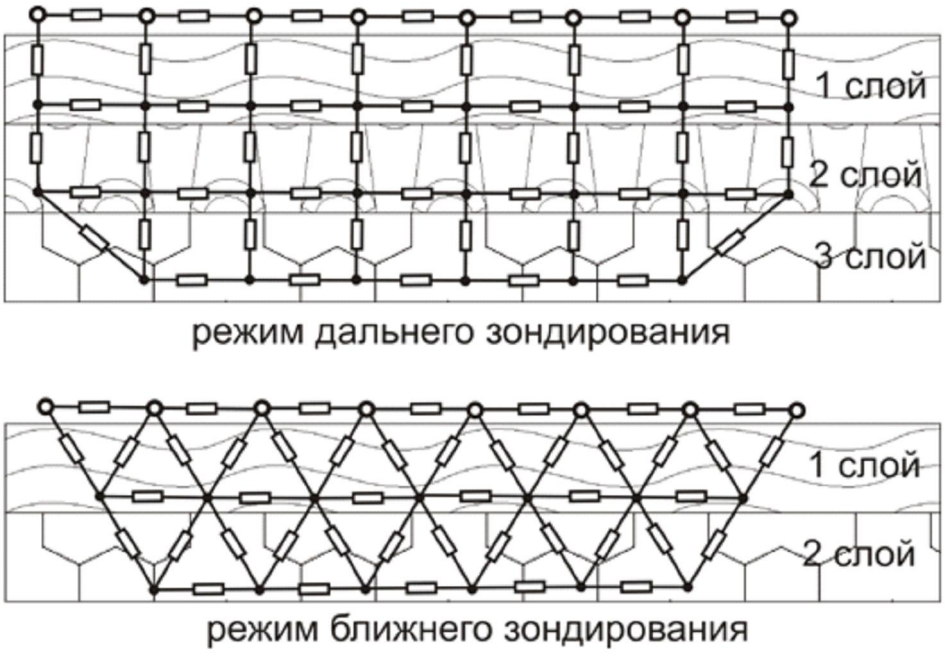


Рисунок 3 – Особенности реконструкции внутренней структуры тела при использовании эквивалентных многополюсников различной структуры

Оценка матрицы импедансов по результатам многократных измерений на полюсах может быть получена по методу наименьших квадратов.

$$Z = R\varphi_{-j} \cdot R_j^{-1}, \qquad (2)$$

где $R\varphi_{-j}$ и R_j – корреляционные матрицы.

$$R_{\varphi,j} = \begin{pmatrix} r_{\varphi 1,j1} & r_{\varphi 1,j2} & \cdots & r_{\varphi 1,jp} \\ r_{\varphi 2,j1} & r_{\varphi 2,j2} & \cdots & r_{\varphi 2,jp} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{\varphi p,j1} & r_{\varphi p,j2} & \cdots & r_{\varphi p,jp} \end{pmatrix}, \; R_j = \begin{pmatrix} r_{j1,j1} & r_{j1,j2} & \cdots & r_{j1,jp} \\ r_{j2,j1} & r_{j2,j2} & \cdots & r_{j2,jp} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{jp,j1} & r_{jp,j2} & \cdots & r_{jp,jp} \end{pmatrix}.$$

Из формулы (2) следует, что минимальное число измерений, которые необходимо выполнить для диагностики многополюсника, равно (p-1). При меньшем числе измерений матрица R_j становится вырожденной и не может быть обращена. Для того чтобы погрешность измерения (или задания) тестовых сигналов оказывала минимальное влияние на результаты вычисления

матрицы Z, матрица R_j должна быть хорошо обусловленной. С этой точки зрения режим зондирование, использующий последовательную инжекцию одинаковых токов в разные точки тела, является одним из наиболее эффективных. Кроме того, этот режим наиболее просто реализуется на практике.

Между матрицей импедансов Z и параметрами элементов эквивалентного многополюсника существует сложная нелинейная взаимосвязь [7], представление которой в общем виде является затруднительным, так как она зависит от структуры многополюсника. Для конкретной структуры эта взаимосвязь может быть установлена с помощью правил Кирхгофа. По первому закону Кирхгофа, для всех узлов и полюсов многополюсника составляются уравнения баланса токов. По второму закону Кирхгофа составляются уравнения баланса напряжений для независимых контуров многополюсника. В результате получается система из $p(p+1)$ уравнений с $(p-1)^2$ неизвестными токами в пассивных элементах и p-1 неизвестными внешними токами. Методом исключения переменных из полученной системы исключаются все неизвестные токи в пассивных элементах, в результате чего количество уравнений сокращается до p-1, а полученная система определяет искомую взаимосвязь параметров пассивных элементов многополюсника с элементами матрицы импедансов Z.

При составлении исходной системы уравнений контуры цепи могут выбираться произвольно. В частности, удобно составлять уравнения баланса напряжений для всех внутренних граней цепи многополюсника, сумма падений напряжения на элементах которых, в силу их замкнутости, равна нулю, а также уравнения баланса напряжений на внешних элементах, равных напряжениям на смежных полюсах. У плоского многополюсника, согласно теореме Эйлера о многогранниках [6], число элементов определяется соотношением

$$e = p+n+g-2, \tag{3}$$

где p – число полюсов, n – число узлов, g – число граней.

Таким образом, количество уравнений, составленное для всех узлов и полюсов, кроме одного – нулевого, и всех граней цепи, кроме одной – внешней, в точности совпадает с числом неизвестных токов в пассивных элементах цепи. Число дополнительных уравнений, составленных для p-1 внешних элементов, совпадает с числом неизвестных внешних токов. Следовательно, составленных уравнений достаточно для выражения матрицы Z через параметры эквивалентного многополюсника, но это справедливо только для плоских структур.

Возможно два подхода к геометрической интерпретации параметров эквивалентного многополюсника. Первый, наиболее очевидный подход, основывается на установлении прямого соответствия отдельных областей исследуемого тела с отдельными пассивными элементами и постоянстве параметров исследуемой среды в пределах этих областей. При выполнении этих предпосылок параметры среды могут быть вычислены на основании параметров элементов многополюсника и геометрических размеров соот-

ветствующих им областей. Каждому пассивному элементу эквивалентного многополюсника в реальном теле соответствует прямоугольная область, заключённая между двумя эквипотенциальными поверхностями и двумя силовыми линиями (рис. 4).

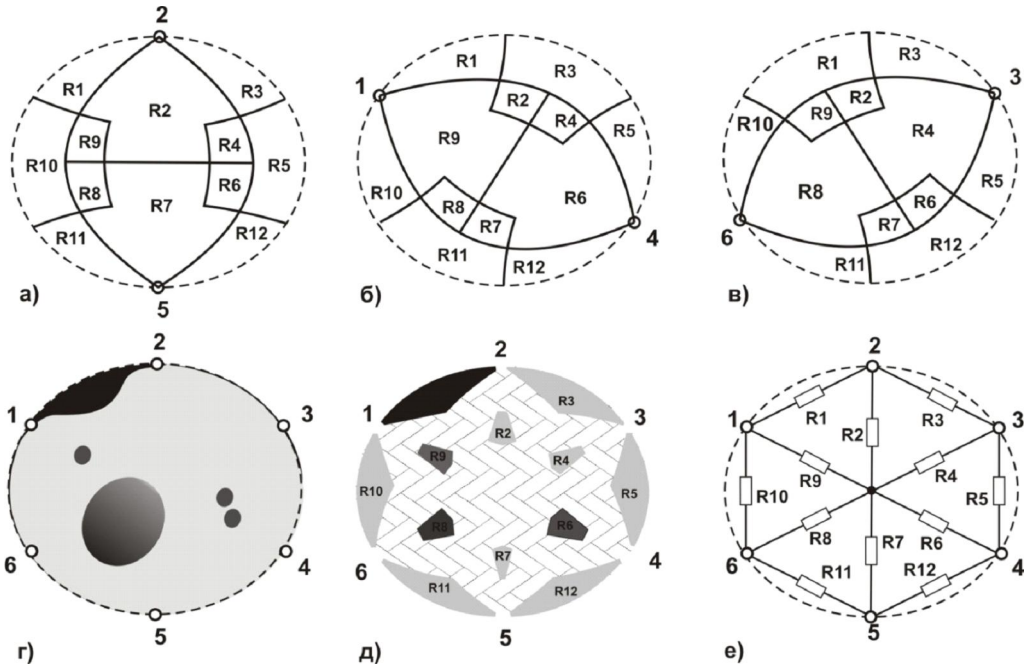


Рисунок 4 – Выделение элементов эквивалентной схемы замещения: а, б, в – расположение выделенных зон для разных точек подключения внешнего тока; г – оригинал, д – реконструкция; е – эквивалентная схема замещения

Положение эквипотенциальных поверхностей может быть определено на основании известного распределения потенциала по поверхности тела, в результате решения уравнения Лапласа, в то время как положение силовых линий недоступно для непосредственного определения.

Так как ориентация выделенных областей зависит от расположения эквипотенциальных поверхностей, меняющегося от измерения к измерению, то установление точного соответствия между отдельными областями тела и элементами многополюсника не представляется возможным. В результате многократных измерений можно выделить лишь зоны преимущественного влияния, которые располагаются между множеством эквипотенциальных поверхностей, соответствующих разным измерениям. Каждая из этих зон в наибольшей степени, по сравнению с остальными участками тела, влияет на параметры соответствующего ей элемента многополюсника. Только эти зоны можно однозначно связать с элементами многополюсника и только в них возможно наиболее точное определение параметров исследуемой среды.

Удельное сопротивление и диэлектрическая проницаемость в зоне преимущественного влияния определяются как

$$\rho = R \cdot D,\ \varepsilon = \frac{C}{\varepsilon_0 D}, \tag{4}$$

где R и C – сопротивление и ёмкость пассивного элемента, D – диаметр соответствующей ему зоны, ε_0 – диэлектрическая постоянная.

Метод выделенных элементов напоминает метод обратного проецирования, но, в отличие от последнего, он использует большее число зон электропроводности, соответствующих не только поверхностным, но и внутренним участкам тела. Это повышает качество реконструкции, но определяемые параметры и в этом случае отражают лишь усреднённые значения реальных параметров среды на участках, выходящих за рамки зон преимущественного влияния.

Точность определения параметров среды в зонах преимущественного влияния будет тем большей, чем меньше окажется ширина разделяющей их зоны неопределённости, так как при этом будет достигнута большая степень взаимосвязи элементов эквивалентного многополюсника с соответствующими им зонами. Увеличение числа элементов цепи многополюсника, в общем случае, приводит к увеличению зоны неопределённости и, следовательно, к снижению точности оценки параметров исследуемой среды.

Второй подход к интерпретации параметров эквивалентного многополюсника основывается на установлении соответствия между отдельными областями тела и узлами эквивалентной цепи. В данном случае положение выделенных областей не зависит от положения эквипотенциалей и силовых линий и, следовательно, может быть одним и тем же для всех измерений. Это позволяет установить строгое соответствие между отдельными выделенными областями тела и отдельными узлами цепи эквивалентного многополюсника.

Геометрическое расположение узлов определяется по результатам многократных измерений, в местах пересечения множества соответствующих им эквипотенциальных поверхностей. Границы выделенных областей выбираются так, чтобы обеспечить наилучшее разделение всех узлов (рис. 5).

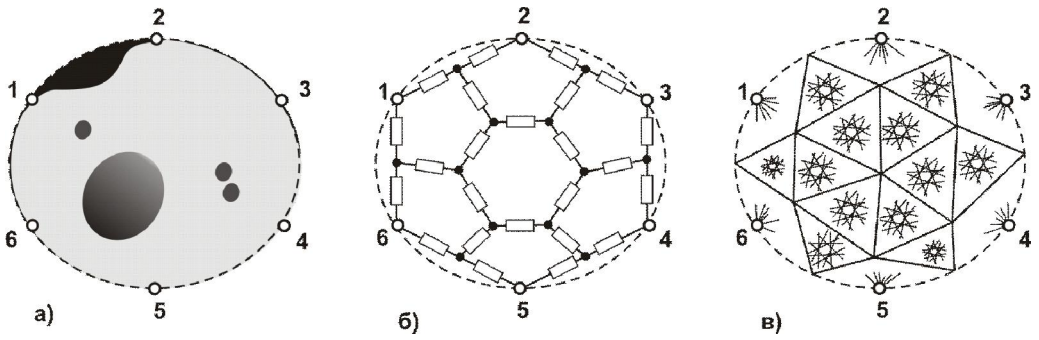


Рисунок 5 – Выделение узлов эквивалентной схемы замещения:
а – оригинал, б – эквивалентная схема замещения, в – выделенные области

Так как реальные эквипотенциальные поверхности не сходятся в одной точке, то увеличение числа узлов может привести к перекрытию областей, соответствующих разным узлам, что затрудняет их разделение. Следовательно, метод выделенных узлов, так же как и метод выделенных элементов, предполагает наличие оптимального числа элементов в цепи эквивалентного многополюсника, при котором обеспечивается наилучшее качество реконструкции.

В методе выделенных узлов, в отличие от метода выделенных элементов, каждому элементу эквивалентного многополюсника соответствуют сразу две области, имеющие разные параметры и разделённые общей границей. В этом случае взаимосвязь сопротивлений и ёмкостей эквивалентной схемы замещения с удельными сопротивлениями и диэлектрическими проницаемостями выделенных областей устанавливается следующими соотношениями:

$$R_{i,j} = \frac{x_i}{S_{i,j}}\rho_i + \frac{x_j}{S_{i,j}}\rho_j, \; C_{i,j} = \frac{S_{i,j}}{x_i}\varepsilon_0\varepsilon_i + \varepsilon_0\frac{S_{i,j}}{x_j}\varepsilon_j, \qquad (5)$$

где ρ_i, ρ_j и ε_i, ε_j – удельные сопротивления и диэлектрические проницаемости среды в i-й и j-й выделенных зонах; x_i и x_j – расстояние от i-го и j-го узлов до разделяющей их границы, $S_{i,j}$ – площадь разделяющей границы.

Для вычисления параметров среды по формулам (5) требуется решить систему линейных алгебраических уравнений, составленных для каждого элемента эквивалентной схемы многополюсника. Поэтому в вычислительном отношении метод выделенных узлов реализуется сложнее метода выделенных элементов. Однако благодаря использованию более адекватной геометрической модели он может обеспечить более высокое качество реконструкции.

Данная работа выполнена при поддержке ГРАНТа Президента РФ (проект МК-3362.2012.8 “Разработка методов электроимпедансной томографии высокого разрешения”), полученные в ходе её выполнения результаты в дальнейшем планируется использовать при реализации программной части электроимпедансного томографа высокого разрешения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Electrical Impedance Tomography – methods, history, applications», edited by D.S.Holder, UK, 2005. – 456 p.

2. Бамбер Дж. Физика визуализации изображений в медицине : В 2-х томах. – Т. 2 : Пер. с англ. / Бамбер Дж., Тристам М., Лич М. [и др.]; Под ред. С. Уэбба. – М. : Мир, 1991. – 408 с.

3. Ritz, M., Robain, H., Pervago, E., et al. 1999. Improvement to resistivity pseudosection modelling by removal of near-surface inhomogeneity effects: application to a soil system in south Cameroon. Geophysical Prospecting 47 (2): 85–101.

4. Корженевский А.В. Электроимпедансный компьютерный томограф для медицинских приложений / Корженевский А.В., Корниенко В.Н., Культиасов М.Ю. [и др.] // Приборы и техника эксперимента. – 1997. – № 3. – С. 133.

5. Корженевский А.В. Электроимпедансная томографическая система для трехмерной визуализации тканей молочной железы / Корженевский А.В., Карпов А.Ю., Корниенко В.Н. [и др.] // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2003. – № 8. – С. 5.

6. Харари Фрэнк. Теория графов / Пер. с англ. и предисл. В.П. Козырева; Под ред. Г.П. Гаврилова. – Изд. 2-е. – М. : Едиториал УРСС, 2003. – 296 с.

7. Глотов А.Ф. Методы анализа и расчета электронных схем. – Томск : Изд-во ТПУ, 2008. – 124 с.

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ: НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

УДК 502

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФЕНОЛОВ

© ***А.В. Коростелёва***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***С.В. Тюрденева***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

WAYS OF SEWAGE TREATMENT FROM PHENOLS

© ***A.V. Korosteleva***, *Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

© ***S.V. Tyurdeneva***, *Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

Проведен качественный и количественный анализ сточных вод. Выявлен приоритетный загрязнитель. Предложен метод биологической и биохимической очистки сточных вод от фенола.

Ключевые слова: фенол, биологическая очистка сточных вод, биохимическая очистка сточных вод, эйхорния.

The qualitative and quantitative analysis of sewage is carried out. The priority pollutant is revealed. The methods of biological and biochemical sewage treatment from phenol is offered.

Key words: phenol, biological sewage treatment, biochemical sewage treatment water hyacinth.

E-mail: anna-korostelyova@yandex.ru, panova401@mail.ru

Фенолы являются сырьем для различных отраслей промышленности. Это обуславливает присутствие фенолов и продуктов их превращения в природных водоемах, куда они попадают с бытовыми сточными водами и со стоками предприятий нефтеперерабатывающей, лесохимической, коксохимической, анилинокрасочной промышленности и др. [1, 9].

В поверхностных водах фенолы встречаются в растворенном состоянии в виде фенолятов, фенолят-ионов и свободных фенолов. Сброс фенольных вод в водоемы и водотоки резко ухудшает их общее санитарное состояние, оказывая влияние на живые организмы своей токсичностью [8]. Проблема полной очистки сточных вод от растворенных органических веществ, в частности фенолов, является важной и одновременно трудно решаемой. Поэтому целью работы является разработка мероприятий по снижению концентрации фенола в воде. Задачами исследования являются: мониторинг содержания фенола в воде Сурского водохранилища, выявление предприятий, вносящих значительный вклад в увеличение концентрации

фенола в промышленных стоках, разработка предложений по снижению концентрации фенола в воде.

Для решения поставленных задач в качестве объекта исследования выбрано Сурское водохранилище (фоновая концентрация фенола в воде) и сточные воды от промышленных предприятий г. Пензы, поступающие в городские очистные сооружения ООО “Горводоканал” II очереди.

Для оценки состояния водного объекта использовались пробы воды в реке выше забора воды для водопользования и в реке ниже выпуска воды после очистных сооружений – контрольные пробы (створы отбора и оценки проб расположены в 1 км в обе стороны от пункта водозабора для питьевого водоснабжения) и данные мониторинга концентрации загрязняющих веществ на входе в очистные сооружения после каждой ступени очистки и выходе, проводимые ОАО “Горводоканал”.

По основным химическим показателям вода Сурского водохранилища соответствует ГОСТу «Вода питьевая». Исключение составляют фенолы и железо, содержание которых систематически превышает предельно допустимую концентрацию в 2-4 раза.

Очистные сооружения г. Пензы включают несколько ступеней очистки: механическую и биологическую. На очистные сооружения II очереди поступают сточные воды от 75 предприятий. Анализ данных на входе в очистные сооружения II очереди, показал рост концентрации фенола в период с 2010 по 2012 год (рис. 1).

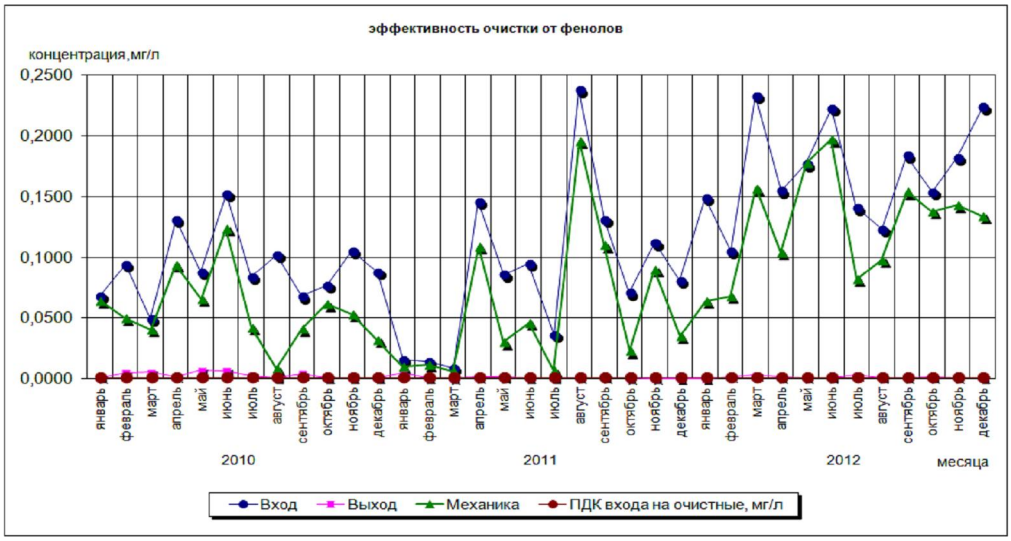


Рисунок 1 – Изменение концентрации фенола от входа до выхода очистных сооружений

Диаграмма скачкообразна, сезонности увеличения концентраций фенола в сточной воде не наблюдается. Концентрация фенола в сточной воде на входе на очистные сооружения в десятки раз превышает ПДК входа. Свой “вклад” вносят как промышленные, так и хозяйственно-бытовые стоки [3].

Важно отметить, что фоновая концентрация (в створе “река выше”) уже в 4-7 раз превышает допустимую концентрацию (0,001 мг/л).

Были зафиксированы сбросы сточных вод предприятий, превышающих ПДК по содержанию фенола (рис. 2):

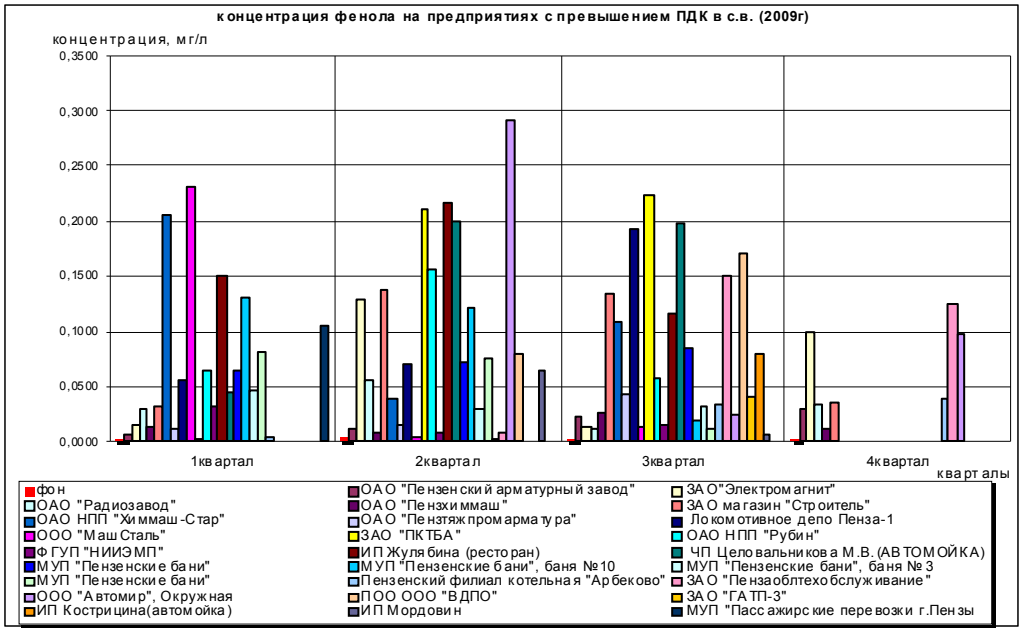


Рисунок 2 – Предприятия, превышающие ПДК по фенолам в сточной воде

Анализ диаграммы концентрации фенола после очистных сооружений и контрольной пробы “река ниже” показал многократное превышение ПДК в воде (рис. 3), однако контрольные пробы “река выше” и “река ниже” практически идентичны, что достигается многократным разбавлением сточных вод.

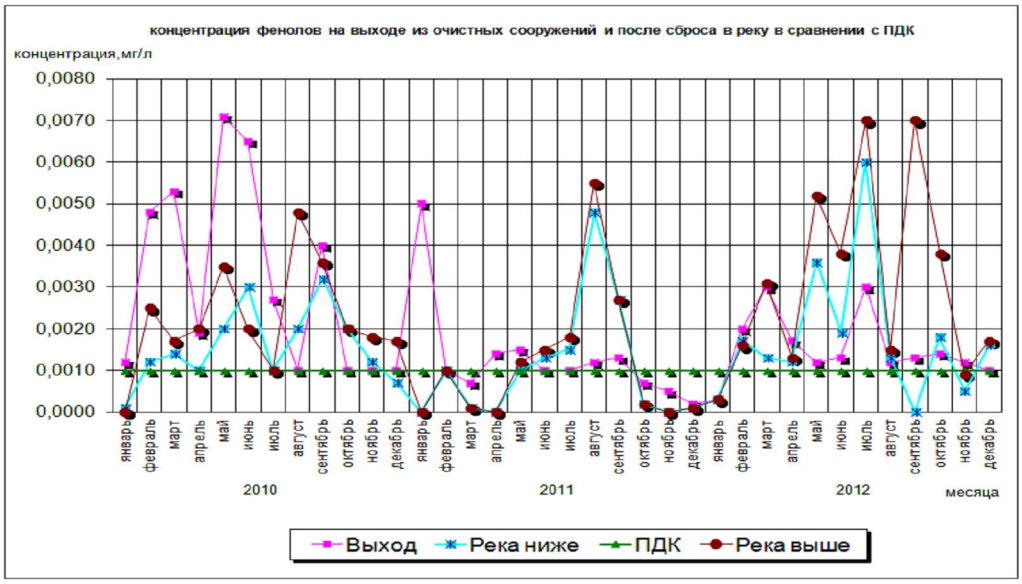


Рисунок 3 – Сравнение концентрации фенола на выходе из очистных сооружений с ПДК

Активный путь снижения концентраций загрязняющих веществ заключается в изменении существующих технологических процессов, создании малоотходных технологий, наложении штрафов на предприятия. Пассивный путь – это строительство локальных очистных сооружений на предприятиях, модернизация действующих очистных сооружений, внедрение новых методов очистки, использование доочистки.

Одним из самых экономически эффективных способов очистки (доочистки) является биологический метод, с применением тропического цветкового растения – эйхорнии.

Эйхорния может применяться там, где в течение не менее 2-х месяцев температура стоков находится не ниже 16 градусов. У эйхорнии совершенно неуемный аппетит и полное равнодушие к выбору меню: нефтепродукты, технические масла, навоз, фенолы, сульфаты, фосфаты, хлориды, нитраты, СПАВы, минеральные соли, патогенные микроорганизмы. При очистке стоков это растение окисляет и расщепляет промышленные и органические нечистоты, примеси вод на простые безобидные элементы с большой скоростью и усваивает их как питание. Роль окислителя при этом исполняет кислород, который в избытке вырабатывается эйхорнией.

Эйхорния ускоряет процесс бактериального разложения нефтепродуктов и детоксикации органических ядов (фенолов, хитонов) за счет выделения корневой системой стимуляторов и ингибиторов роста углеродоокисляющих бактерий, способна накапливать тяжелые металлы (свинец, ртуть, медь, кадмий, никель, кобальт, олово, марганец, железо, цинк, хром), а также радионуклиды (цезия, стронция, церия, кобальта). Динамика очистки вод представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализов хозяйственно-бытовой воды после очистки эйхорнией

Ингредиенты	Хозяйственно-бытовые стоки	
	на день	через 7 дней
Взвешенные вещества, мг/л	298,0	17,2
ХПК мгO_2/л	533,0	109,8
БПК мгO_2/л	120,0	35,6
NH_4, мг/л	40,7	3,3
Фосфаты, мг/л	5,7	0,4
Железо, мг/л	3,0	1,3
Щелочи, мг/л	8,0	4,8
СПАВ, мг/л	1,36	0,25
Сульфиды, мг/л	7,5	отсутствуют
Нефтепродукты, мг/л	2,6	отсутствуют
Фенолы, мг/л	85,0	отсутствуют

Традиционные затраты на технологическое оборудование более чем в 10 раз превышают суммы затрат при использовании такой биотехнологии.

Еще одним из эффективных методов очистки сточных вод от фенола является биохимический. Он заключается во введении в массу сточных вод мочевины. Мочевина играет роль не только биогенной азотсодержащей

добавки, но также вещества, образующего с фенолом легко окисляемое соединение включения [5]. Известные способы интенсификации биоочистки сточных вод [6] предусматривают:

1. Применение технического кислорода вместо воздуха, но это требует дополнительных затрат.

2. Использование специфической микрофлоры при поддержании заданного состава активного ила.

3. Создание рациональных технологических схем (для проектируемых сооружений).

4. Оптимизацию температурного режима процесса.

Данные способы направлены на ускорение биоокисления всех компонентов сточных вод. В промышленных сточных водах скорость процесса очистки определяется скоростью биоокисления трудно окисляемых компонентов. Поэтому, с целью удешевления процесса, желательно ускорить биоокисление только трудноокисляемых компонентов [7].

Для ускорения биоокисления фенола подобрано легко окисляемое вещество, способное образовывать соединения включения. В работе [7] рассмотрено образование соединений включения некоторых углеводородов с мочевиной. В работе [5] было исследовано влияние мочевины на ускорение биоокисления фенола.

Исследования по ускорению биоокисления фенола в сточной воде приведены в таблицах 2 и 3. Введение мочевины в среду в качестве добавки приводит к снижению концентраций фенола в стоках примерно в 10 раз.

Таблица 2 – Параметры сточной воды (в присутствии мочевины)

Показатели стока	До очистки	После очистки	
		контроль	опыт
PH	9.2	9.0	9.0
ХПК, мг 02/л	720	110	90
Гликоли, мг/л	150	0,96	0,86
СПАВ, мг/л	7.4	1,1	1,8
Фенол, мг/л	24,8	0,08	0,012
NH4+, мг/л	13,6	1,1	0,9
Фосфор, мг/л	0,02	0,8	0,7
NO2, мг/л	0,02	0,5	0,5

Таблица 3 – Параметры сточной воды (в присутствии смеси сульфата аммония и мочевины)

Показатели стока	До очистки	После очистки	
		контроль	опыт
PH	9.8	9.2	9.3
ХПК, мг 02/л	620	110	90
Гликоли, мг/л	155	1,1	0,95
СПАВ, мг/л	8,2	1,1	1,3
Фенол, мг/л	23,3	0,1	0,01
NH4+, мг/л	9,0	0,9	0,85
Фосфор, мг/л	1,4	0,6	0,85
NO2, мг/л	0,006	0,005	0,005

Таким образом, было установлено, что фоновая концентрация фенола в водах Сурского водохранилища и сточных водах предприятий г. Пензы многократно превышает ПДК, данное превышение не носит сезонный характер и имеет тенденцию к увеличению.

Были предложены методы биологической и биохимической очистки стоков с помощью эйхорнии и мочевины, позволяющие удалить нефтепродукты, технические масла, навоз, фенолы, сульфаты, фосфаты, хлориды, нитраты, СПАВы, минеральные соли, патогенные микроорганизмы, все болезнетворные бактерии, контролируемые СЭС. Неоспоримыми достоинствами биологического метода является сравнительная дешевизна – стоимость одного кустика эйхорнии 60-80 рублей, значительное снижение энергозатрат и сокращение площадей под шламонакопители. Кроме того, возможность использования выращенной эйхорнии в качестве корма и витаминной добавки для животных. Мочевина оказывает селективное ускоряющее воздействие на биоочистку, то есть увеличивается скорость биоразложения только фенола, в то время как на другие компоненты сточной воды заметное влияние не замечено. Ускоряющий эффект мочевины проявляется как при сохранении нормального количества вносимого с мочевиной азота, так и при его избытке.

Селективное ускорение биоразложения фенола в присутствии мочевины может использоваться как эффективный способ интенсификации биоочистки сточных вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вишняков В.Г. Электрохимический метод очистки сточных вод: Обзоры по отдельным производствам химической промышленности / В.Г. Вишняков, Т.Ф. Лохматова. – М. : Изд-во НИИТЭХИМ, 1974. – № 12. – С. 71–88.

2. Обработка и удаление осадков сточных вод : В 2-х томах. – Т. 1 / Пер. с англ. Карюхиной Т.А. – М. : Стройиздат, 1985. – 236 с.

3. Статистические данные по очистке сточных вод на второй очереди очистных сооружений канализации г. Пензы ООО "Горводоканал".

4. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. – Т. 2. – Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – 884 с.

5. Шарифуллин В.Н., Зитдинов Н.Н. Интенсификация биохимической очистки фенолсодержащих сточных вод // Химическая промышленность. – 2000. – № 4. – С. 41–42.

6. Овейчик М.Г., Евсеева О.Я., Евсеева Л.А. Проблемы больших городов. Обзорная информация. – М. : ГОСИНТИ, 1990. – Вып. 11.

7. Селюков А.В., Скурлатов Ю.И., Козлов Ю.П. Применение пероксида водорода в технологии очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 1999. – № 12. – С. 25–27.

8. Трубникова Л. А. Органические токсиканты в активном иле предприятий нефтехимии // Экология и пром-ть России. – 1999. – № 4. – С. 40–43.

9. Яковлев С.В. Современные решения по очистке природных и сточных вод / С.В. Яковлев, О.В. Демидов // Экология и пром-ть России. – 1999. – № 12. – С. 12–15.

УДК 623.459.4

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАСШТАБОВ АВАРИЙ С ОБЪЕМНЫМИ ВЗРЫВАМИ

© ***А.В. Клюжин***, *Саратовский СГТУ им. Ю. Гагарина (г. Саратов, Россия)*
© ***Ю.А. Егорова***, *филиал ФБУ "ФУ БХУХО" (войсковая часть 21222) (г. Пенза, Россия)*
© ***А.Г. Горохова***, *Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)*

FORECASTING METHODS COMPARATIVE ANALYSIS REGARDING THE SCALE OF EXTENTIONAL EXPLOSION BREAKDOWNS

© ***A.V. Klyuzhin***, *Saratov State Technical University (Saratov, Russia)*
© ***Yu. A. Yegorova***, *troop unit 21222 (Penza, Russia)*
© ***A.G. Gorokhova***, *Penza State University (Penza, Russian Federation)*

В настоящей работе проведен сравнительный анализ методов решения задач прогнозирования последствий аварий при объемных взрывах на взрывоопасных химических производствах.

Ключевые слова: сравнительный анализ, методика, объемный взрыв, поражающий фактор.

The article concerns the comparative analysis of the methods for solution the forecasting problems of extentional explosion after-effects at explosion-hazardous chemical plants.

Key words: analysis, methods, extensional explosion, damaging factor.

Известно, что аварии в промышленности с выбросом горючих жидкостей или сжиженных газов могут происходить как в замкнутых объемах различных помещений производственных зданий и сооружений, так и в неограниченном пространстве на открытых технологических установках [1]. При этом одной из наиболее серьезных опасностей является газопаровое облако, образование которого может привести к появлению трех типов рисков [1]:

- токсическому воздействию (преобладает риск социального ущерба),
- крупному пожару (материальный ущерб),
- взрыву парогазовоздушной смеси (интегрированный риск значительных материальных и людских потерь).

Очевидно, что для оценки взрывопожароопасности производства необходимо знать объем взрывоопасной смеси при аварии, свойства газов и производственные условия. К сожалению, в существующих публикациях имеются лишь отрывочные сведения по этим вопросам [2, 3].

Методология расчета техногенных рисков, разработанная отечественными и зарубежными авторами, предполагает расчет полей поражающих факторов, возникающих при взрывах, пожарах или формировании токсичного облака, и является достаточно сложным и ответственным этапом количественной оценки техногенных рисков. Однако существование в насто-

ящее время большого количества разнообразных методик, существенно различающихся по точности, сложности и глубине проработки процессов формирования полей поражающих факторов, определяет необходимость их сравнения и всестороннего анализа [4].

Вероятности поражения человека будут определяться величиной параметра рассматриваемого поражающего фактора и принятым в расчетах параметрическим законом поражения. В качестве параметрического закона фугасного поражения авторами [1, 5, 6] выбран закон распределения Вейбулла, широко используемый в практике исследования редких событий в природно-техногенной сфере и хорошо описывающий распределение случайных величин.

При аварийных взрывах образуется воздушная ударная волна (УВ), основными параметрами которой являются избыточное давление ΔP (кПа), определяющее эффект фугасного поражения человека и разрушение различных конструкций, и время действия фазы сжатия τ^{+} (с) [7].

В области промышленной безопасности для оценки последствий взрывов парогазовоздушных смесей (ПГВС) используют методику оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (ТВС), разработанную НТЦ “Промышленная безопасность” [8]; НПБ 105-03 [9], ПБ 09-170-97 [10]; авторами [5] рекомендована также методика, разработанная А.Н. Бирбраером [11].

Приведенный в работе [7] анализ показал, что сегодня многими исследователями [15–18] и разработчиками нормативных документов [8–10, 12] для расчета вероятности поражения людей широко внедряются так называемые пробит-функции – Pr_i, заимствованные, согласно авторским ссылкам, из статьи [13].

В качестве вероятностного критерия фугасного поражения человека используется пробит-функция, величина которой для ударной волны описывается выражением

$$Pr(Sr) = a + b \cdot \ln[Sr\,(\Delta P; I)], \tag{1}$$

где a, b – константы пробит-функции,

$Sr\,(\Delta P; I)$ – интенсивность воздействующего фактора.

Например, в методике [8] вероятность разрыва барабанных перепонок у людей от уровня перепада давления в воздушной волне определяется выражением

$$Pr_4 = -12,6 + 1,524 \ln \Delta P, \tag{2}$$

где Pr_4 – пробит вероятности разрыва барабанных перепонок у людей.

Вероятность отброса людей волной давления может оцениваться по величине пробита Pr_5, рассчитываемого по выражению [14]

$$Pr_5 = 5 - 2,44 \ln V_5 \tag{3}$$

Здесь фактор V_5 рассчитывается из соотношения

$$V_5 = \frac{7,38 \cdot 10^3}{\Delta P} + \frac{1,3 \cdot 10^9}{\Delta P \cdot I}. \quad (4)$$

Связь величины Pr_i с вероятностью той или иной степени поражения представлена в работе [14].

Для определения радиуса зоны поражения в работах [8, 10] предлагается формула (5), с известными допущениями приемлемая для грубой оценки последствий взрывов ПГВС [2, 10, 15]

$$R = \frac{KW^{1/3}}{(1 + (\frac{3180}{W})^2)^{1/6}}, \quad (5)$$

где R – радиус зоны смертельного поражения, м;

$K = 3,8$;

W – тротиловый эквивалент взрыва, кг.

Различают два основных типа взрыва ПГВС – детонационный и дефлаграционный. При авариях невозможно заранее предсказать тип и скорость взрывного превращения облака ПГВС, так как условия для возникновения детонации или дефлаграции будут определяться множеством случайных внешних факторов. Анализ литературных данных позволяет утверждать, что в настоящее время нет апробированных математических моделей взрывного превращения ПГВС. В этой связи ряд авторов и внутриведомственных методик [12, 16] предлагают для прогнозных оценок режима горения использовать экспертную таблицу Института химической физики РАН.

Масса горючего газа, содержащегося в облаке ПГВС, может являться исходным параметром или определяться в зависимости от условий развития аварии. При оценке последствий аварий массу $M_г$ рекомендуется определять согласно [10].

В НПБ-105-03 [9] вероятность поражения человека избыточным давлением определяется в соответствии с выражением

$$Pr_4 = 5 - 0,26 \ln\left(Sr_4\right), \quad (6)$$

где $Sr_4 = \left(\frac{17500}{\Delta P_ф}\right)^{8,4} + \left(\frac{290}{I}\right)^9$;

Pr_4 – пробит вероятности поражения;

$\Delta P_ф$ – избыточное давление взрыва, Па.

Вероятность ущерба при взрыве, отвечающая вероятности поражения человека (летальный исход) при воздействии избыточного давления на фронте ударной волны ΔP, выражается через пробиты

$$Pr = -77{,}1 + 6{,}91 \cdot \ln \Delta P, \tag{7}$$

где ΔP – избыточное давление, Па.

В работе [13] избыточное давление $\Delta P_ф$ ВУВ (кПа) и давление скоростного напора $\Delta P_{ск}$ (кПа) определяются по формулам:

$$\Delta P_ф = 95\frac{\sqrt[3]{G}}{R} + 390\frac{\sqrt[3]{G^2}}{R^2} + 1300\frac{G}{R^3}, \tag{8}$$

где G – масса заряда, кг;

R – расстояние от места взрыва, м.

$$\Delta P_{ск} = 2{,}5\frac{\Delta P_ф^2}{\Delta P_ф + 720}. \tag{9}$$

При взрывах и пожарах образуются зоны чрезвычайной ситуации, т.е. территория, в пределах которой происходит поражение людей, животных, разрушаются или повреждаются здания и сооружения.

При решении практических задач в работе [13] авторами предлагается определять в зоне ЧС пять радиусов поражения:

I – радиус детонации ($\Delta P_ф^{max} = 1750$ кПа), который рассчитывается по формуле

$$R_1 = 1{,}75\sqrt[3]{G}; \tag{10}$$

II – радиус действия продуктов взрыва – огненного шара ($\Delta P_ф^{max} \approx$ ≈ 315 кПа) определяется следующим выражением:

$$R_2 = 1{,}7R_1. \tag{11}$$

$$\Delta P_{ф2} = 1300\left(\frac{R_1}{R_2}\right)^3 + \frac{P_0}{2}, \tag{12}$$

где P_0 – атмосферное давление до прихода ВУВ, кПа.

III – радиус действия ВУВ, рассчитываемый по уравнению

$$\Delta P_{ф3} = \frac{233}{\sqrt{1 + 0{,}4\left(\frac{R_3}{R_4}\right)^3 - 1}}, \tag{13}$$

где R_3 – расстояние от центра взрыва, м.

IV – радиус действия теплового поля, который можно вычислить по формуле

$$R_4 = (3{,}1 \div 3{,}6) \cdot R_2. \tag{14}$$

Тепловой импульс от взрыва ПГВС на расстоянии $R_з$, кДж/м^2, находят по соотношению

$$U_{\text{m}} = J \cdot t_{\text{св}}, \tag{15}$$

где J – интенсивность теплового излучения, кДж/(м$^2 \cdot$ с).

Летальный исход определяется выражением [13]

$$Pr_2 = 5 - 2,44 \ln\left(Sr_2\right), \tag{16}$$

где $Sr_2 = \dfrac{7,38 \cdot 10^3}{\Delta P_{\text{ф}}} + \dfrac{1,38 \cdot 10^9}{I \cdot \Delta P_{\text{ф}}}$.

Показатель контузии человека определяется по формуле [12, 13]

$$Pr_5 = 5 - 5,74 \ln\left(Sr_5\right), \tag{17}$$

где $Sr_5 = \dfrac{4,2}{1 + P_S} + \dfrac{1,3}{I_S}$; $P_S = \dfrac{\Delta P_{\text{ф}}}{P_0}$; $I_S = \dfrac{I}{P_0^{1/2} \cdot m}$.

Безвозвратные потери людей ориентировочно находят по формуле, заимствованной из работы В. Маршалла [17],

$$N_{\text{см}} = 3P \cdot G^{0.666}, \tag{18}$$

где G – масса ВВ, т;

P – плотность населения, тыс. чел./км^2.

В ряде методик для оценки последствий детонационных взрывов облаков ПГВС используется уравнение М.А. Садовского [18]

$$\Delta P = 100 \cdot \frac{\sqrt[3]{\alpha \cdot M_{\text{ПГВС}}}}{R} + 430 \cdot \frac{\sqrt[3]{\left(\alpha \cdot M_{\text{ПГВС}}\right)^2}}{R^2} + 1400 \cdot \frac{\alpha \cdot M_{\text{ПГВС}}}{R^3}, \tag{19}$$

где ΔP – избыточное давление во фронте ВУВ, кПа;

α – коэффициент эквивалентности ПГВС тротилу;

$M_{\text{ПГВС}}$ – масса вещества, участвующего во взрыве, кг;

R – расстояние от центра взрыва, м;

Анализ графических зависимостей избыточного давления во фронте воздушной ударной волны ΔP при детонационных взрывах ПГВС по уравнению М.А. Садовского [18], методикам НТЦ “Промышленная безопасность” [8] и А.Н. Бирбраера [11] показал, что зависимости $\Delta P = f(R)$ в методиках А.Н. Бирбраера и НТЦ “Промышленная безопасность” совпадают в ближней и средней зонах, а в дальней зоне методика НТЦ “Промышленная безопасность” не адекватна реальным процессам изменения параметров ударной волны. Уравнение М.А. Садовского значительно завышает величины избыточных давлений в ближней и средней зонах действия ВУВ и приближенно верно для больших расстояний до центра взрыва [7].

Для нормирования поражающей способности опасностей в химической и нефтеперерабатывающей промышленности в работе [17] предло-

жен метод, учитывающий параметр “удельная смертность” – число погибших в результате реализации фактора опасности, отнесенное к количеству опасного вещества, определяемая по соотношению

$$M_1 = \frac{N}{Q}, \tag{20}$$

где M_1 – удельная смертность;

N – число погибших, связанных со взрывом ВВ, чел.;

Q – масса взрывчатого вещества, кг.

Метод основан на принятии радиуса самогу парогазовоздушного облака на момент его превращения за радиус безусловного смертельного поражения.

Так, расчет радиуса части облака, способного на быстрое превращение (R, м), проводят по формуле

$$R\,(Q) = 30 \cdot Q^{\,0,333}, \tag{21}$$

где Q – масса парового облака, т.

Тогда площадь S, охватываемая данной частью облака, составит

$$S(Q) = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (30 \cdot Q^{0,333})^2. \tag{22}$$

На данной площади при плотности населения P (тыс. чел./км^2) в каждый момент времени будет находиться N человек:

$$N(Q) = P \cdot S(Q) \approx 3 \cdot P \cdot Q^{0,666}. \tag{23}$$

Если $N(Q)$ является одновременно и числом погибших, то удельная смертность

$$M_1\,(Q) = 3 \cdot P \cdot Q^{-0,333}. \tag{24}$$

Подобным образом в работе [17] В. Маршаллом были произведены расчеты по определению количества пострадавших для наиболее исследованных им аварий. Метод позволяет вычислить число погибших, однако вопрос нахождения числа пораженных с различными степенями тяжести им не решается.

Таким образом, существующие методики в недостаточной степени учитывают специфические особенности объемного взрыва, предполагают значительное количество исходных данных и сводятся, в основном, к использованию пробит-функций, различающихся как в толковании, так и в применении, а при оценке последствий воздействия взрыва на человека позволяют рассчитать только вероятность наступления летального исхода и (или) получения человеком легкой степени поражения.

По нашему мнению, одним из перспективных и надежных методов оценки зон поражения людей при объемном взрыве является метод, учитывающий параметр “удельная смертность”. Однако его современное состояние требует дальнейшего совершенствования и, в частности, создания алгоритма для автоматизации и более объективного проведения оценки поражающего действия факторов объемного взрыва для различных граничных условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлитин А.М., Попов А.И. Методы технико-экономической оценки промышленной и экологической безопасности высокорисковых объектов техносферы. – Саратов : СГТУ, 2000. – 216 с.

2. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение.– М. : Химия, 1991. – 312 с.

3. Бесчастнов М.В. Взрывобезопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов. – М. : Химия, 1983. – 472 с.

4. Колодкин В.М. Количественная оценка риска химических аварий / Колодкин В.М., Мурин А.В., Петров А.К. [и др.]; Под ред. В.М. Колодкина. – Ижевск : Издательский дом "Удмуртский университет", 2001. – 288 с.

5. Козлитин А.М., Попов А.И., Козлитин П.А. Теоретические основы и практика анализа техногенных рисков. Вероятностные методы количественной оценки опасностей техносферы. –- Саратов : СГТУ, 2002. – 180 с.

6. Декларирование безопасности и страхование гражданской ответственности потенциально опасных предприятий Саратовской области: Организационно-методические материалы / А.М. Козлитин, Е.А. Ларин, А.И. Попов [и др.]. – Саратов : СГТУ, 1996. – 172 с.

7. Козлитин А.М. Вероятностные методы анализа последствий фугасного воздействия взрыва на человека, технологическое оборудование, здания, сооружения при аварийных ситуациях на предприятиях нефтегазовой отрасли // Управление промышленной и экологической безопасностью производственных объектов на основе риска : Международ. науч. сб. – Саратов : СГТУ, 2005. – С. 16–43.

8. РД 03-409-01 Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (с изменениями и дополнениями). – М. : ГУП "НТЦ "Промышленная безопасность" " и ИХФ РАН, 2001. – 16 с.

9. НПБ-105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М. : ФГУ ВНИИПО МВД России, 2003. – 26 с.

10. ПБ 09-170-97. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Утверждены Постановлением Госгортехнадзора России от 22.12.97 № 52. – 19 с.

11. Бирбраер А.Н., Шульман С.Г. Прочность и надежность конструкций АЭС при особых динамических воздействиях. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 304 с.

12. Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах : Сборник документов. – Серия 27. Вып. 2. – М. : ГУП "НТЦ «Промышленная безопасность»", 2001. –- 224 с.

13. C.M. Pietersen. Consequences of accidental releases of hazardous material (in J. Loss Prev. Process Ind., 1990, Vol. 3, January).

14. Methods for the determination of possible damage. Green book / CPR 16E, 1989.

15. Бейкер У. Взрывные явления. Оценка и последствия : В 2-х кн. ; Пер. с англ. / Бейкер У. Кокс П., Уэстайн П. [и др.]; Под ред. Я.Б. Зельдовича, Б.Е. Гельфанда. – М. : Мир, 1986. – 319 с.

16. Методика оценки последствий аварий на пожаровзрывоопасных объектах // Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС. – М. : МЧС России, 1994. – 42 с.

17. Маршалл В. Основные опасности химических производств : Пер. с англ. – М. : Мир, 1989. – 671 с.

18. Садовский М.А. Опытные исследования механического действия ударной волны взрыва // Труды сейсмологического института. – М.–Л., 1945. – С. 4–6.

УДК 504:691.17

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

© ***А.А. Горячева***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***Р.А. Дярькин***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE RUBBERTECHNICAL WASTE

© ***A.A. Goryacheva***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***R.A. Dyar'kin***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена исследованиям негативного воздействия резинотехнических отходов на окружающую среду при сжигании и экспериментальным исследованиям покрытий на основе резиновой крошки из резинотехнических отходов на предмет оценки воздействия на почву и водные объекты.

Ключевые слова: резинотехнические отходы, анализ и оценка негативного воздействия, покрытия на основе резиновой крошки.

The article is devoted to research of the negative impact of rubber waste on the environment by burning and experimental research of coatings on the basis of crumb rubber from rubber waste to assess the impact on soil and water objects.

Key words: mechanical rubber waste, analysis and assessment of the negative impacts, the coverings of rubber crumb.

E-mail: goryacheva.pgta@mail.ru; penza-ruslan@mail.ru

Динамичное распространение во всём мире автомобильного транспорта влечёт за собой накопление значительных объёмов изношенных автомобильных шин. Постоянно увеличивающиеся объёмы резинотехнических отходов длительное время загрязняют окружающую среду вследствие высокой стойкости к внешним воздействиям. Из всех существующих способов утилизации данных отходов технологически простым является их сжигание [1, с. 11], но выбросы загрязняющих веществ в процессе горения

оказывают негативное воздействие на экологические системы и организм человека, т.к. выделяющиеся токсические вещества (табл. 1) провоцируют развитие острых и хронических заболеваний.

Таблица 1 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух при сжигании резинотехнических отходов.

Наименование загрязняющих веществ	Максимальный разовый выброс, г/с	Максимальная разовая предельно допустимая концентрация, мг/м^3
Диванадий пентоксид (пыль)	0,083	-
Диоксид азота	8,25	0,2
Оксид азота (II)	1,34	0,4
Гидрохлорид	0,06	0,2
Диоксид серы	37,22	0,5

В настоящее время общеизвестным фактом является несанкционированное сжигание резинотехнических отходов. Продукты горения резинотехнических отходов содержат широкий спектр загрязняющих веществ, которые при взаимодействии с осадками и водной средой вымываются в почву и водные объекты [4, с. 201].

В связи с этим нами проведены физико-химические исследования воды, разбавленной продуктами горения резинотехнических отходов в количествах 300, 250 и 200 г/л. Экспериментальные исследования проводились периодически в лаборатории, имеющей действующие аттестат и область аккредитации. Перечень определяемых загрязняющих веществ в водных растворах установлен согласно методическим указаниям по расчету платы за неорганизованный сброс загрязняющих веществ в водные объекты.

Наиболее высокие показатели загрязняющих веществ установлены в водном растворе, содержащем продукты горения в количестве 300 г/л. Превышения предельно-допустимых концентраций (ПДК) компонентов по сравнению с гигиеническими нормативами составили по сухому остатку 1,6, нефтепродуктам – 52,0, кальцию – 13,7, меди – 13,1 ПДК. Предельно допустимые концентрации по взвешенным веществам и БПК$_5$ не нормируются (табл. 2).

Таблица 2 – Физико-химические исследования водных растворов

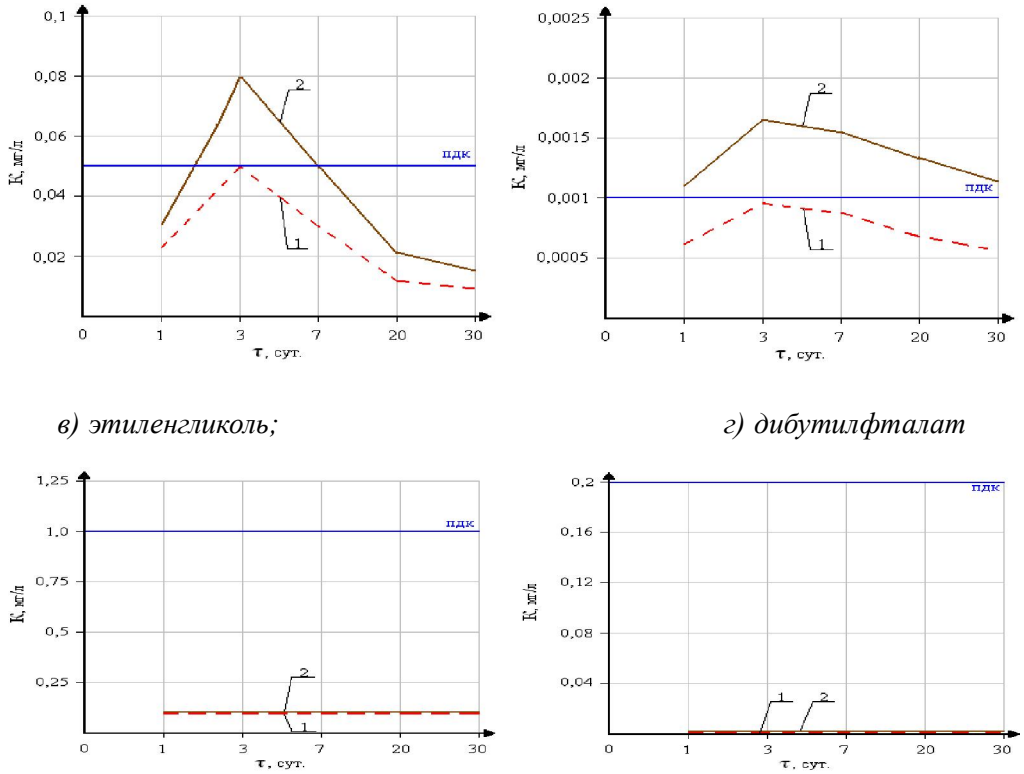
Определяемые показатели	Результаты исследований водных растворов, содержащих продукты горения, г/л			Гигиенический норматив, мг/л
	300	250	200	
Водородный показатель (pH)	7,5	7,5	7,5	6-9 ед.
Ионы аммония	0,4	0,36	0,2	1,5
Нитрит-ионы	<0,02	<0,02	<0,02	3,3
Нитрат-ионы	0,8	0,8	0,8	45,0
Сухой остаток	**1600**	**1400**	**1300**	1000
Хлориды	28,0	26,8	24,5	350,0
Сульфаты	193,5	184,0	179,0	500,0
Железо	**0,3**	**0,3**	**0,3**	0,3
Взвешенные вещества	**216,0**	**195,0**	**187,0**	не нормируется
Нефтепродукты	**15,6**	**13,2**	**10,2**	0,3
БПК$_5$	**76,0**	**67,0**	**44,3**	не нормируется
Кальций	**48,0**	**47,5**	**45,0**	3,5
Цинк	0,7	0,65	0,44	5,0
Медь	**13,1**	**12,8**	**11,6**	1,0

Для решения вопроса экологически безопасной утилизации резинотехнических отходов выполнен анализ методов переработки и утилизации, который показал, что наиболее простым и эффективным является механический способ, позволяющий сохранить все компоненты отходов в первоначальном химическом состоянии. Основной компонент, получающийся в результате измельчения, – резиновая крошка различных зафиксированных фракций.

В свою очередь, учитывая физико-химические свойства резиновой крошки как вторичного сырья, а также значительные объемы образования резинотехнических отходов, предложено комплексное использование резиновой крошки резинотехнических отходов в покрытиях на основе резиновой крошки с полиуретановым связующим [2, с. 70].

Для оценки экологической безопасности применения разработанного покрытия с использованием резиновой крошки выполнены экспериментальные физико-химические исследования покрытия, изготовленного на основе полиуретанового клея марки TOP-UR-E-PVC (образец № 1) и марки УР-600 (образец № 2) на соответствие гигиеническим нормативам. Количество покрытия в составе водного раствора принято 250 г/л. Период испытания: 1, 3, 7, 20, 30 суток. Концентрации загрязняющих веществ представлены на рисунке 1.

а) формальдегид; *б) фенол;*



в) этиленгликоль; *г) дибутилфталат*

Рисунок 1 – Концентрации загрязняющих веществ: 1 – образец № 1; 2 – образец № 2

Оценка концентраций загрязняющих веществ в водных растворах от покрытий на основе резиновой крошки проводилась по перечню показателей, указанных в разделе 6 главы 2 “Требования к полимерным и полимерсодержащим строительным материалам и мебели” Единых санитарно-эпидемиологических и гигиенических требований к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому контролю (надзору). Вместе с тем, экспериментальные исследования выполнялись в соответствии с методиками определения массовых концентраций загрязняющих веществ в водных растворах.

Установлено превышение предельно-допустимой концентрации для образца № 2 по формальдегиду на третьи сутки и по фенолу на протяжении всего периода исследований. Наиболее высокие концентрации загрязняющих веществ зафиксированы на третьи сутки, что обусловлено невысокой скоростью течения химических реакций.

Учитывая различные условия эксплуатации при взаимодействии покрытий с водной средой, физико-химические испытания проводились для различных климатических условий. Для создания неоднородных климатических условий осуществлялось охлаждение воды (температура в диапазонах 0…5 °С) и ее нагревание (температура в диапазонах 25...35 °С). Для сравнения исследовалась водопроводная вода (табл. 3) [3, с. 48].

Таблица 3 – Физико-химические исследования водных растворов

Определяемые показатели	Результаты исследований, мг/л			Гигиенический норматив, мг/л
	H_2O	0… +5 °С	+25…+30 °С	
Водородный показатель (pH)	7,7	7,7	7,7	6-9 ед.
Ионы аммония	0,75	0,75	0,8	1,5
Нитрит-ионы	0,002	0,002	0,002	3,3
Нитрат-ионы	0,2	0,2	0,2	45,0
Сухой остаток	300	300	300	1000
Хлориды	25	25	25	350,0
Сульфаты	54,4	54,4	54,4	500,0
Железо	**0,45**	**0,45**	**0,46**	0,3
Взвешенные вещества	<0,01	<0,01	<0,01	не нормируется
Нефтепродукты	<0,01	<0,01	<0,01	0,1
$БПК_5$	2,0	2,0	2,1	не нормируется
Кальций	3,3	3,3	3,3	3,5
Цинк	<0,0001	<0,0001	<0,0001	5,0
Медь	0,2	0,2	0,2	1,0

Как следует из таблицы 3, изменение температуры воды не оказывает заметного влияния на концентрацию загрязняющих веществ. Превышение предельно допустимой концентрации наблюдалось по железу (1,5 ПДК).

Проведенные исследования и полученные результаты направлены на снижение негативного воздействия на урбанизированные территории от захламления резинотехническими отходами и сжигания, что позволяет объективно оценить необходимость, возможность и целесообразность использования продуктов переработки резинотехнических отходов в покрытиях на основе резиновой крошки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурцева Н.Н. Экоиндустрия в сфере отходов: планирование на территориальном уровне // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 3. – С. 10–12.

2. Дярькин Р.А. Применение отходов автотранспортного комплекса в качестве вторичного сырья при производстве строительных материалов // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов : Сборник трудов Международной конференции. – Пенза, 2011. – С. 70–72.

3. Овчаров В.И. Свойства резиновых смесей и резин: оценка, регулирование, стабилизация : Научное издание / Овчаров В.И. [и др.]. – М. : САНТ-ТМ, 2001. – 400 с.

4. Чумаченко Н.Г. Критерии оценки промышленных отходов с целью использования их в стройиндустрии // Экология и здоровье человека. – Самара, 2001. – С. 201–203.

УДК 633

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОДНОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ

© ***Н.И. Слугинова***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***С.Ю. Ефремова***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF FORMATION OF ANNUAL LEGUME-CEREAL MIXTURES

© ***N.I. Sluginova***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***S.U. Efremova***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Рассмотрены вопросы использования смешанных бобово-злаковых агроценозов для производства биологически полноценных кормов. Результаты исследований доказывают их агроэкологическую эффективность на однолетних бобово-злаковых травосмесях. Отмечено преимущество конструирования травосмесей не только в формировании продуктивности, но и в улучшении показателей полноценности корма.

Ключевые слова: однолетние бобовые, злаковые, травосмеси, обеспеченность кормовой единицы, перевариваемый протеин, клетчатка.

Consider using mixed legume-cereal sowings for the production of biologically high-grade feed. The research results prove their effectiveness on agroиkologiиeskuы of annual legume-cereal travosmesвh. Not only was the design advantage of grass mixtures in productivity, but also improving usefulness of feed.

Key words: annual legumes, cereals, forage plants, supply of units, digested protein, cellulose.

E-mail: princess_natalia@mail.ru

Основная задача, стоящая перед сельским хозяйством, – обеспечение населения страны биологически ценными продуктами питания, сбалансированными по содержанию в них белков, углеводов, жиров, витаминов и минеральных элементов, а также производство высококачественных кормов для животноводства.

Решение проблемы стабильного обеспечения животноводства полноценным кормовым белком собственного производства является приоритетным. Для получения одного килограмма животного белка требуется произвести в кормах 7-8 кг растительного белка [3]. По зоотехническим нормам оптимальное содержание белка в 1 кормовой единице должно составлять 105-110 г [1, 4]. По данным министерства сельского хозяйства в настоящее время в России в каждой кормовой единице не достает 15-20 г белка. В целом по стране дефицит протеина составляет около 3 млн. тонн, что обусловлено не только недостаточным объемом производства кормов, но также низкой концентрацией протеина в их сухом веществе. Для сокращения этого дефицита следует увеличить долю бобовых и бобово-злаковых смесей до 46-60 % в структуре посевных площадей однолетних трав, что позволит повысить содержание протеина в сухом веществе в среднем с 10-11 до 13-14 % [5].

Такое увеличение концентрации сырого протеина в сухом веществе трав возможно при условии уборки их в оптимальные сроки: многолетних бобовых – в фазу бутонизации – начала цветения, злаковых – в фазу выхода в трубку – начала колошения; однолетних бобово-злаковых травосмесей – в фазу восковой спелости зерна в одном-двух нижних ярусах бобов, злакового компонента – в молочно-восковой спелости.

В отношении высокого выхода белка с единицы площади наиболее ценными являются: соя, горох, кормовые бобы, люпины. Они не требуют высоких доз минерального азота, а под люпин вносить азотные удобрения не рекомендуется [2, 6]. В семенах люпина содержится 34-45 % белка, причем 40-45 % белка люпина составляют аминокислоты, которые обеспечивают ему высокую биологическую ценность. По содержанию растительного белка 1 ц семян люпина равноценен 4,8 ц зерна ячменя, 5,8 ц овса, 5,9 кукурузы, соответственно [3, 8, 9].

Особую значимость кормовые культуры имеют в сохранении и повышении плодородия почвы, средообразующая роль которых определяется, прежде всего, высоким удельным весом их в структуре землепользования, поступлением в почву большого количества растительных остатков, обогащением почвы биологическим азотом за счет возделывания бобовых культур, защитой почв от эрозии и охраной окружающей среды.

Так, люпин узколистный относительно холодостойкая и влаголюбивая культура, мирится с кислыми почвами и может произрастать на всех типах почв, за исключением тяжелых суглинок, является важнейшей сельскохозяйственной культурой, накапливающей в почве до 200 кг и более биологического азота на 1 га. Д.Н. Прянишников указывал, что использование бобовых растений, особенно люпина, является одним из важнейших путей повышения плодородия почвы. Его корневая система способна переводить

трудно растворимые трехзамещенные фосфаты в легкоусвояемые растениями формы фосфорных соединений, а также трудно доступные формы калия в более доступные для растений [7].

В условиях экологизации сельского хозяйства существенным резервом производства растительного белка и поступления в почву органического вещества являются смешанные посевы зернобобовых со злаковыми зернофуражными культурами, которые позволяют получать урожаи выше средневзвешенного показателя одновидовых посевов [5]. Поэтому конструирование и использование смешанных бобово-злаковых агроценозов для производства биологически полноценных кормов и изучение этой научной проблемы в условиях современного сельскохозяйственного производства является актуальным.

В наших исследованиях, выполненных на выщелоченном черноземе в учебно-опытном хозяйстве ГОУ ВПО “ПГСХА”, химический состав однолетних бобово-злаковых изменяется в зависимости как от соотношения компонентов, так и от фазы уборки.

С повышением доли бобового компонента в смесях содержание протеина увеличивалось в среднем на 4,2-8,6 % и достигало своего максимума в фазу бутонизации – 17,6 %.

Концентрация сырой клетчатки (СК), напротив, увеличивалась по фазам уборки (на 18,3-23,3 %) с увеличением доли злакового компонента в травостое (в среднем на 3 %). Содержание сахара снижалось по мере развития агроценозов с 13,04 % в фазу бутонизации до 9,37 % в фазу образования бобов.

Соотношение бобовых и злаковых компонентов в травостое коррелирует с содержанием основных питательных веществ:

$У = 15,5042 + 0,028x$, $r = 0,83$;

$У_1 = 32,4333 - 0,027x$, $r = -0,86$;

$У_2 = 12,4875 - 0,02175x$, $r = -0,45$,

где У – содержание сырого протеина в кг АСВ; $У_1$ – содержание сырой клетчатки в кг АСВ, %; $У_2$ – содержание сахара в кг АСВ, %; x – количество бобового компонента в смеси, тыс. шт./га.

Таким образом, увеличение доли бобового компонента с 25 до 75 % тесно коррелирует с содержанием сырого протеина и сырой клетчатки, а с содержанием сахара имеется средняя обратная связь.

Для более полной оценки полноценности корма следует пользоваться не только показателем обеспеченности кормовой единицы перевариваемым протеином, но и такими показателями, как количество сырой клетчатки на кг сухого вещества, сахаро-протеиновое соотношение (СПО) и количество перевариваемого протеина (ПП) на МДж обменной энергии. Несбалансированность кормов по белку и сахару является причиной снижения продуктивности животноводства и значительного перерасхода кормов.

Исследованиями установлено, что оптимальные показатели качества корма в среднем за три года получены при соотношении компонентов 75+25 % (табл. 1).

Таблица 1 – Качество однолетних бобово-злаковых смесей (среднее за 3 года)

Соотношение компонентов, %	Травосмесь	Фаза											
		бутонизация				цветение				образование бобов			
		ПП на кед, г	СК в кг СВ, %	СПО	ПП на МДж, г	ПП на кед, г	СК в кг СВ, %	СПО	ПП на МДж, г	ПП на кед, г	СК в кг СВ, %	СПО	ПП на МДж, г
75+25	Л+Я	142	26,23	1,01	11,86	123	27,63	1,09	10,03	98	31,13	1,39	7,43
	Л+О	139	26,43	1,17	11,51	119	27,83	1,29	9,67	93	31,33	1,71	7,04
	В+Я	155	26,53	0,95	12,89	135	27,93	1,03	10,88	113	31,43	1,23	8,54
	В+О	152	26,73	1,11	12,55	131	28,13	1,22	10,52	108	31,63	1,51	8,14
	Г+Я	143	26,63	1,18	11,84	124	28,03	1,29	10,00	98	31,53	1,69	7,39
	Г+О	144	27,03	1,21	11,80	124	28,43	1,33	9,95	98	31,93	1,75	7,30
	П+Я	144	26,03	1,14	12,07	126	27,43	1,24	10,26	100	30,93	1,59	7,69
	П+О	142	26,43	1,19	11,77	123	27,83	1,31	9,93	97	31,33	1,71	7,32
50+50	Л+Я	137	26,43	1,14	11,42	121	28,03	1,16	9,81	99	31,80	1,34	7,43
	Л+О	133	26,50	1,24	11,04	117	28,10	1,29	9,42	100	31,87	1,47	7,53
	В+Я	147	26,73	1,08	12,15	130	28,33	1,10	10,46	110	32,10	1,24	8,26
	В+О	145	26,93	1,20	11,87	127	28,53	1,24	10,17	106	32,30	1,44	7,89
	Г+Я	140	27,03	1,25	11,50	124	28,63	1,30	9,88	101	32,40	1,54	7,48
	Г+О	136	27,33	1,33	11,11	119	28,93	1,40	9,46	99	32,70	1,66	7,33
	П+Я	137	26,23	1,25	11,37	121	27,83	1,30	9,77	98	31,60	1,54	7,40
	П+О	133	26,47	1,30	11,03	117	28,07	1,36	9,41	94	31,83	1,64	7,07
25+75	Л+Я	128	26,47	1,24	10,61	116	28,57	1,26	9,26	102	32,63	1,47	7,54
	Л+О	125	26,87	1,33	10,30	112	28,97	1,39	8,93	98	33,03	1,65	7,17
	В+Я	135	26,67	1,19	11,17	122	28,77	1,22	9,74	111	32,83	1,39	8,16
	В+О	134	26,90	1,27	11,02	121	29,00	1,31	9,58	109	33,07	1,51	7,98
	Г+Я	129	26,93	1,34	10,60	117	29,03	1,39	9,24	102	33,10	1,64	7,51
	Г+О	126	27,07	1,40	10,34	113	29,17	1,46	8,96	98	33,23	1,75	7,20
	П+Я	134	26,57	1,29	11,12	123	28,67	1,32	9,78	110	32,73	1,53	8,11
	П+О	128	26,47	1,37	10,62	116	28,57	1,43	9,26	102	32,63	1,69	7,55

*Примечание. Л+Я – люпин + ячмень; Л+О – люпин + овес; В+Я – вика + ячмень; В+О – вика + овес; Г+Я – горох + + ячмень; Г+О – горох + овес; П+Я – пелюшка + ячмень; П+О – пелюшка + овес.

Обеспеченность кормовой единицы перевариваемым протеином снижается по мере прохождения фаз развития в среднем со 145 г в фазе бутонизация, до 101 г в фазе образование бобов, или на 43,6 %. Одновременно с этим процессом происходит накопление сырой клетчатки в корме с 26,5 до 33,0 %, то есть на 24,5 %.

В связи с этим, по нашему мнению, уборка травосмесей в фазу цветения обеспечивает оптимальное сочетание обеспеченности кормовой единицы перевариваемым протеином и содержанием сырой клетчатки при соотношении компонентов 75+25 % (126 г и 27,9 %, соответственно). Это связано с тем, что в фазу бутонизации обеспеченность кормовой единицы перевариваемым протеином слишком высокая по сравнению с нормой – 13-145 г (1), а в фазу образования бобов количество сырой клетчатки превышает норму на 12,2-17,5 %, что снижает общую перевариваемость корма.

С увеличением доли бобового компонента при всех изучаемых сроках уборки обеспеченность кормовой единицы перевариваемым протеином возрастает в среднем на 6,0-11,7 %, за исключением фазы образования бобов, когда эти различия нивелируются.

Количество сырой клетчатки с увеличением доли бобовых наоборот снижается, причем по фазам уборки эта тенденция усиливается: в фазу бутонизации различия между соотношением бобовых и злаковых компонентов 75+25 % и 25+75 % составляют 0,9 %, в фазу цветения – 3,4 %, а в фазу образования бобов – 4,8 %, что связано со значительным огрубением злакового компонента.

Сахаро-протеиновое отношение корма и обеспеченность МДж обменной энергии перевариваемым протеином в значительной степени определяется соотношением компонентов и сроками уборки. Так, с увеличением доли злакового компонента СПО повышается, достигая максимума в фазу образования бобов – 1,48-1,58. Оптимальное его значение наблюдается при соотношении компонентов 75+25 и 50+50 % в фазу бутонизации и цветения – 1,12-1,22 и 1,23-1,27, соответственно. Обеспеченность перевариваемым протеином МДж энергии снижается как с уменьшением доли бобового компонента, так и по срокам уборки. Наибольшее содержание перевариваемого протеина наблюдается в фазу бутонизации (10,7-12,0 г), что на 42,0-57,3 % больше, чем в фазу образования бобов.

Регрессионный анализ показал, что качество агроценозов коррелирует с соотношением бобовых компонентов в смеси:

$У = 113,583 + 0,1625x$, $r = 0,61$;

$У_1 = 1,40292 - 0,00245x$, $r = -0,48$;

$У_2 = 8,95417 + 0,016225x$, $r = 0,69$,

где У – обеспеченность кормовой единицы перевариваемым протеином, г; $У_1$ – сахаро-протеиновое отношение; $У_2$ – обеспеченность МДж энергии перевариваемым протеином, г; x – количество бобового компонента в смеси, тыс. шт./га.

Таким образом, анализ питательной ценности травостоя позволил установить наиболее оптимальные показатели, формирующиеся в фазу цве-

тения при соотношении бобовых и злаковых компонентов 75+25 %: обеспеченность кормовой единицы перевариваемым протеином – 126 г, количество клетчатки на кг СВ – 27,9 %, СПО – 1,23 и обеспеченность МДЖ энергии перевариваемым протеином – 10,16 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алейникова Л.Д., Козлов Ю.С. Основы кормопроизводства – М. : Агропромиздат, 1989. – 539 с.

2. Боднар Г.В., Лавриненко Г.Т. Зернобобовые культуры. – М. : Колос, 1977. – 95 с.

3. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые культуры и проблема растительного белка. – М. : Россельхозиздат, 1983. – 256 с.

4. Иванов А.Ф., Чурзин В.Н., Филин В.И. Кормопроизводство. – М. : Колос, 1996. – 400 с.

5. Концепция развития кормопроизводства в Российской Федерации. – М. : ГНУ Информагротех, 2000. – 96 с.

6. Кононов А.С. Технология выращивания современных сортов люпина // Кормопроизводство. – 2001. – № 1. – С. 19–20.

7. Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и земледелии СССР. – М. : Изд-во АНСССР, 1945. – 197 с.

8. Слесарева Т.Н. Сравнительная оценка люпина и других бобовых и кормовых культур при производстве сочных кормов на серых лесных почвах Юго-Западного региона Нечерноземной зоны России // Сб. науч. тр. ВНИИ люпина. – 2007. – С. 62–68.

9. Такунов И.П., Кононов А.С. Адаптивный потенциал и урожайность люпина в смешанных агрофитоценозах // Аграрная наука. – 1995. – № 2. – С. 41–42.

УДК 631.821.2

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОСФОГИПСА НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ

© ***М.Ю. Локтионов***, *ОАО "Минерально-химическая компания "ЕвроХим" (г. Краснодар, Россия)*

© ***Е.П. Добрыднев***, *"ЕвроХим – Белореченские удобрения" (г. Краснодар, Россия)*

© ***А.Х. Шеуджен***, *ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт риса (г. Краснодар, Россия)*

© ***А.Н. Лиманский***, *ООО "Агроцентр Еврохим – Краснодар" (г. Краснодар, Россия)*

© ***Л.М. Онищенко***, *Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар, Россия)*

AGRO-ECOLOGICAL EFFECTIVENESS OF PHOSPHOGYPSUM ON THE CHERNOZEM LIXIVIATED

© ***M.U. Loktionov***, *Public Corporation Mineral-Chemical Company Evrohim (Krasnodar, Russia)*

© ***E.P. Dobrydnev***, *"Eurochem – Beloreuenskie fertilizers" (Krasnodar, Russia)*

© ***A. Kh. Sheudzhen***, *SSI All-Russian Rice Research Institute (Krasnodar, Russia)*

© ***A.N. Limanskiy***, *LLC "Agrocentr-Eurochem Krasnodar" (Krasnodar, Russia)*

© ***L.M. Onishchenko***, *Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)*

Рассмотрены агроэкологические аспекты применения побочного продукта производства фосфорной кислоты – фосфогипса нейтрализованного в качестве комплексного минерального удобрения на посевах кукурузы и сои. Выявлена эффективность фосфогипса в улучшении обеспеченности растений доступными формами азота, фосфора и калия. Оптимальной нормой фосфогипса нейтрализованного, способствующей созданию лучших условий минерального питания, следует признать 4 т/га.

Ключевые слова: фосфогипс, соя, кукуруза, плодородие почвы, урожай, формы азота.

Are examined questions of the application of phosphogypsum as the complex mineral fertilizer under corn and soya. Phosphogypsum improves the security of plants with nitrogen, by phosphorus and by potassium. With the optimum dose of phosphogypsum it was 4 t/ha.

Key words: phosphogypsum, soya, corn, fertility, harvest, the form of nitrogen, the fertility of the soil.

E-mail: rgpzkrs@mail.kuban.ru

С целью повышения плодородия почв, улучшения их физико-химических свойств, наряду с гипсом, на рисовых почвах применяются и другие кальцийсодержащие соединения, в частности фосфогипс. Имеются данные, что фосфогипс, в сравнении с гипсом, обладает большей эффективностью, что связано не только с непосредственным участием его ионов водорода в

мелиоративном процессе, но и в создании благоприятных условий для растворения гипса после нейтрализации части щелочных компонентов почвы кислыми соединениями фосфогипса [1–3]. Фосфогипс содержит в среднем 85-94 % сульфата кальция, серы – более 20 %, 1-4,5 % фосфорной кислоты, в том числе 0,3-1,5 % водорастворимой. По мелиорирующему действию фосфогипс аналогичен гипсу, наличие в фосфогипсе кислот обусловливает его лучшую растворимость, чем гипса [4]. При воздействии с ППК кальций мелиоранта вытесняет поглощенный натрий, который в виде сульфата натрия вымывается нисходящими токами воды. На солонцовых почвах фосфогипс оказывает высокое положительное влияние на урожаи культур не только как коренной улучшитель почв, но и как фосфорное удобрение [5–7].

Целью исследований являлось изучение эффективности применения фосфогипса в системе удобрения кукурузы и сои. Почва опытного участка представлена чернозёмом выщелоченным малогумусным сверхмощным тяжелосуглинистым и характеризуется высоким содержанием карбонатов, обменного калия (1,9-2,0 %), подвижного фосфора (0,18-0,26 %) и серы (0,05 %). Водно-физические свойства чернозёма выщелоченного вполне благоприятные (отражены в табл. 1).

Таблица 1 – Водно-физические свойства чернозёма выщелоченного

Горизонт	Глубина, см	Плотность сложения, г/см^3	Пороз-ность общая, %	Максимальная гигроскопич-ность, %	Влажность завядания		Предельно полевая влагоёмкость	
					%	мм	мм	%
Ап	0-30	1,16	53,0	9,8	14,7	51,9	112,9	32,0
А	30-59	1,21	51,0	9,5	14,25	56,0	123	31,3
АВ1	59-112	1,25	50,0	9,2	13,8	96,9	216,2	30,8
АВ2	112-150	1,31	48,0	9,0	13,5	76,1	168,6	29,9
В	150-174	1,34	47,0	8,8	13,2	43,7	96	29,0
С	174-240	1,39	45,0	8,6	12,9	50,7	114,3	28,4

Почва обладает средней предельно полевой влагоёмкостью, которая в горизонте $А_{пах}$ составляет 32 %, с глубиной уменьшается и в горизонте С – 28,4 %. Максимальная гигроскопичность невысокая и составляет 8,6-9,8 %, величина влажности устойчивого завядания 12,9-14,7 %, диапазон доступной влаги колеблется в пределах 52,3-119,3 мм. Физико-химические и агрохимические показатели почвы опытного участка приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Агрохимическая характеристика чернозёма выщелоченного

Горизонт	Глубина, см	Содержание					ЕКО	V, %	pH	
		гумуса	N вал	Ca	Mg	Hг			H_2O	KCl
		%		мг-экв / 100г почвы						
Ап	0-30	2,8	0,17	26,9	8,3	2,8	38,0	92,6	6,4	5,3
А	30-59	2,7	0,14	26,7	8,4	2,4	37,5	93,6	6,4	5,3
$АВ_1$	59-112	1,8	0,09	26,3	6,2	1,3	33,8	96,2	6,6	5,5
$АВ_2$	112-150	1,7	0,08	26,7	6,0	0,8	33,5	97,6	6,9	5,7
В	150-174	1,4	0,07	25,1	5,5	-	30,6	100	7,7	5,8
С	174-240	0,6	0,03	24,0	4,6	-	28,6	100	8,1	6,2

Данные показывают, что содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 2,8 %, с глубиной количество его постепенно снижается и в горизонте С на глубине 173-200 см достигает 0,6 %. Сумма поглощенных оснований в горизонте 0-20 см -26-38 мг-экв/100 г почвы, реакция почвенного раствора pH 6,5- 7,6.

Погодные условия в год проведения исследований (2012 г.) в целом близки к средним многолетним и были благоприятными для роста и развития сельскохозяйственных растений (рис. 1 и 2).

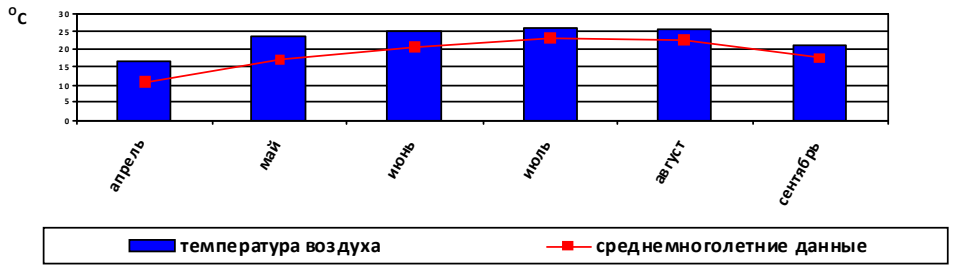


Рисунок 1 – Температура воздуха в год проведения исследований

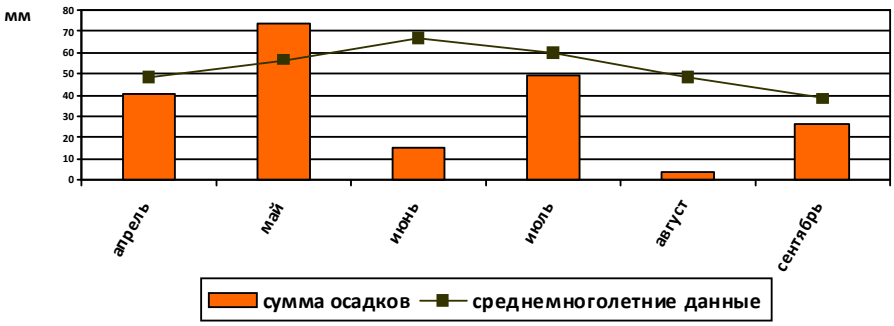


Рисунок 2 – Сумма осадков в год проведения исследований

Исследования по разработке доз фосфогипса на посевах кукурузы и сои проводились в учхозе “Кубань”. Общая площадь делянки – 162 м^2(30·5,4), а учетная – 54,2 м^2. Минеральные удобрения: фосфогипс, аммонийную селитру (34 % N), аммофос (12 % N, 52 % P_2O_5) и калий хлористый (60 % K_2O) вносили рано весной поверхностно согласно схеме опыта.

Элементы минерального питания присутствуют в почве в форме различных соединений. Доступны растениям аммонийный и нитратный азот, соединения фосфора и калия. Естественное содержание нитратного азота в почве опытного участка под соей в фазе 4–5 настоящих листьев составляло 10,9 мг/кг, затем повышалось до 16,1 мг/кг к фазе бутонизации и незначительно сокращалось (до 15,3 мг/кг) к созреванию семян (табл. 3). При внесении удобрений содержание нитратного азота в почве под соей увеличивалось по сравнению с контролем в фазе 4–5 настоящих листьев на 1,9–15,9 мг/кг, бутонизации – 2,3–8,5 и полной спелости – на 0,9–4,2 мг/кг или, соответственно, на 13,76–145,87, 14,29–52,8 и 5,92–27,63 %. Внесение фосфогипса увеличивало содержание нитратного азота в почве в течение всего вегетационного периода сои на 18-25 % в зависимости от дозы и фазы вегетации. Обусловлено это как улучшением физических свойств почвы, так и воздействием компонентов фосфогипса на ее химические свойства.

Таблица 3 – Содержание нитратного и аммонийного азота в почве под посевом сои, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации					
	4-5 настоящих листьев		бутонизация		полная спелость	
	NO_3	NH_4	NO_3	NH_4	NO_3	NH_4
Контроль	10,9	21,4	16,1	22,5	15,2	11,6
$N_{20}P_{40}K_{20}$	12,8	28,6	18,8	26,4	16,1	17,5
$N_{20}K_{20}$	12,4	30,2	18,4	26,0	17,6	17,2
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 2 т/га	13,2	31,1	19,0	27,2	18,8	17,8
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 4 т/га	13,5	33,8	19,6	28,4	19,0	18,4
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 6 т/га	13,1	32,5	18,8	28,1	19,4	18,2

Динамика содержания нитратного азота в почве под кукурузой аналогична отмеченной под посевом сои (табл. 4). Различия касаются количественных показателей, что обусловлено как разным временем учета, так и различной потребностью в азоте кукурузы и сои. Последняя, как бобовая культура, существенную часть азота получает за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями из атмосферы, следовательно, в меньшей мере извлекает его из почвы.

Таблица 4 – Содержание нитратного и аммонийного азота в почве под посевом кукурузы, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации					
	4-5 листьев		цветение		полная спелость	
	NO_3	NH_4	NO_3	NH_4	NO_3	NH_4
Контроль	21,5	41,8	17,9	31,2	10,0	20,1
$N_{40}P_{60}K_{40}$	28,6	45,6	18,6	35,6	12,5	25,4
$N_{40}K_{40}$	27,3	47,2	19,0	35,5	12,6	25,8
$N_{40}K_{40}$ + ФГ 2 т/га	28,4	48,0	19,8	36,0	12,8	26,0
$N_{40}K_{40}$ + ФГ 4 т/га	29,0	48,9	20,2	37,8	13,0	27,3
$N_{40}K_{40}$ + ФГ 6 т/га	28,8	48,0	19,0	36,4	12,4	26,1

Воздействие фосфогипса на содержание аммонийного азота в почве под соей и кукурузой аналогично их влиянию на нитратный азот (табл. 3-4). Сохранение в почве больше подвижных соединений азота свидетельствует о восполнении удобрениями выноса азота с урожаем сои и кукурузы и, следовательно, сохранении плодородия почвы.

Содержание в почве подвижных соединений фосфора постепенно уменьшается от начала вегетационного периода сои и кукурузы к концу (табл. 5). Внесение фосфорного удобрения, в том числе фосфогипса, увеличивает по сравнению с контролем содержание подвижного фосфора в почве под соей на 17,8–23,0 % в фазе 4-5 настоящих листьев, 3,5-25,9 % в бутанизацию и 17,4–28,3 % в фазе полной спелости; под кукурузой эти различия составили в фазе 4–5 листьев – 6,1–14,4 %, цветения – 3,1–7,7 % и в фазе полной спелости – 12,0–26,0 %. Внесение фосфогипса увеличивает содержание подвижного фосфора в почве, что в значительной мере компенсирует вынос элемента с урожаем.

Таблица 5 – Содержание подвижного фосфора в почве под посевом сои, мг/кг

Вариант опыта	Фаза вегетации					
	4-5 настоящих листьев		бутонизация		полная спелость	
	Культура					
	соя	кукуруза	соя	кукуруза	соя	кукуруза
содержание подвижного фосфора, мг/кг						
Контроль	140	180	116	130	92	100
$N_{20}P_{40}K_{20}$	160	210	130	146	110	120
$N_{20}K_{20}$	150	186	125	132	104	108
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 2 т/га	165	191	120	134	108	112
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 4 т/га	172	201	145	140	112	120
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 6 т/га	171	206	146	138	118	126

На содержание и динамику обменного калия в выщелоченном черноземе под соей и кукурузой фосфогипс также оказал позитивное воздействие (табл. 6). Механизм этого влияния, по всей вероятности, связан с изменением физико-химических свойств почвы, обусловливающим повышение подвижности калия. Величина показателя возрастает в почве под посевом сои, что обусловлено различным с кукурузой его выносом с урожаем.

Таблица 6 – Содержание обменного калия в почве под посевом сои, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации					
	4-5 настоящих листьев		бутонизация		полная спелость	
	Культура					
	соя	кукуруза	соя	кукуруза	соя	кукуруза
	содержание обменного калия, , мг/кг					
Контроль	135	219	111	180	100	150
$N_{20}P_{40}K_{20}$	166	240	160	190	128	160
$N_{20}K_{20}$	170	256	161	196	120	165
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 2 т/га	190	259	165	210	128	171
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 4 т/га	200	261	181	220	135	184
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 6 т/га	210	265	175	226	138	188

Таким образом, внесение фосфогипса на посевах сои и кукурузы улучшает обеспеченность растений доступными формами азота, фосфора и калия. Оптимальной нормой фосфогипса нейтрализованного, способствующей созданию лучших условий минерального питания, следует признать 4 т/га.

Улучшение условий минерального питания, отмеченное при внесении фосфогипса, обусловило рост урожайности сои и кукурузы. Естественное плодородие почвы опытного участка обеспечивало формирование 19,4 ц/га зерна сои (табл. 7).

Таблица 7 – Урожайность кукурузы и сои в зависимости от системы удобрения

Вариант	Урожайность, ц/га					
	кукуруза			соя		
	урожай	прибавка		урожай	прибавка	
		ц/га	%		ц/га	%
Контроль	54,5	-		19,4	-	
$N_{40}P_{60}K_{40}$	58,5	4,0		21,6	2,2	
$N_{40}K_{40}$	58,4	3,9		20,3	0,9	
$N_{40}K_{40}$ + ФГ 2 т/га	60,5	6,0		21,2	1,8	
$N_{40}K_{40}$ + ФГ 4 т/га	62,5	8,0		24,8	5,4	
$N_{40}K_{40}$ + ФГ 6 т/га	61,4	6,9		23,4	4,0	

Внесение полного минерального удобрения из расчета $N_{20}P_{40}K_{20}$ обусловило прибавку урожая 2,2 ц/га, или 11,3 %. Исключение фосфорного удобрения отрицательно отражалось на продуктивности посева. Урожайность в этом варианте была лишь на 0,9 ц/га выше, чем в контроле и на 1,3 ц/га ниже, чем при внесении $N_{20}P_{40}K_{20.}$ Это указывает на недостаточное содержание в почве доступного для растений сои фосфора.

Использование в качестве фосфорного удобрения фосфогипса способствовало увеличению урожайности сои не только по сравнению с контролем, где прибавка в зависимости от дозы фосфогипса составила 1,8–5,4 ц/га, но и по отношению к $N_{20}P_{40}K_{20}$ – 1,8–3,2 ц/га. Наибольший урожай получен при внесении фосфогипса в количестве 4 т/га.

Таким образом, наибольшая урожайность 26,4 ц/га сои получена при внесении $N_{20}P_{40}K_{20}$ до посева. Заслуживает внимания применение в качестве фосфорного удобрения фосфогипса из расчета 4 т/га ($N_{20}K_{20}$ + ФГ 4 т/га). Замена традиционного фосфорного удобрения фосфогипсом обеспечивает рост урожайности на 3,2 ц/га.

При увеличении урожайности обязателен контроль качества получаемой продукции, т.к. применение высоких доз минеральных удобрений, за счет которых идет ее рост, может вызывать его снижение. Прежде всего следует подчеркнуть, что не установлено снижения качества зерна сои ни при одной изучаемой системе удобрения. Внесение удобрений обеспечивало, наряду с ростом урожайности, увеличение по сравнению с контролем содержания в зерне сои азота на 0,12–0,46 %, а по сравнению с полным удобрением ($N_{20}P_{40}K_{20}$) – на 0,07–0,24 % (табл. 8). Содержание фосфора в зерне сои повышалось на 0,1–0,3 % по отношению к контролю и снижалось по сравнению с $N_{20}P_{40}K_{20}$ на 0,1–0,2 %. Четких закономерностей во влиянии систем удобрения на накопление в зерне сои калия не выявлено. В наибольшей мере увеличению содержания фосфора (на 0,38–0,46 %) способствовало внесение фосфогипса.

Таблица 8 – Качество зерна сои в зависимости от системы удобрения

Вариант	Содержание, %				Масличность, %	Сбор, ц/га	
	N	P	K	белка		белка	масла
Контроль	6,45	1,5	2,0	40,0	19,8	7,76	3,84
$N_{20}P_{40}K_{20}$	6,67	1,8	2,1	42,4	21,9	9,16	4,73
$N_{20}K_{20}$	6,57	1,6	2,2	42,0	20,0	8,53	4,06
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 2 т/га	6,69	1,7	2,0	42,5	19,6	9,01	4,16
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 4 т/га	6,77	1,7	2,1	43,0	18,6	10,66	4,61
$N_{20}K_{20}$ + ФГ 6 т/га	6,74	1,6	1,9	42,8	17,5	10,02	4,10

Соя выращивается, главным образом, для получения высококачественного растительного белка. Внесение удобрений обеспечивало увеличение его содержания в зерне на 2,0–3,8 % по сравнению с контролем (табл. 8). При этом зерно из вариантов с внесением удобрений по этому показателю не различалось. Увеличение содержания белка в зерне наряду с ростом урожайности обеспечило повышение его сбора по сравнению с контролем на 0,77–3,57 ц/га, или на 9,87–45,95 %. Повышение доз азота и фосфора выше, чем $N_{20}P_{40}$ сопровождалось снижением масличности зерна сои на 0,2–2,3 % по сравнению с контролем. Однако сбор масла увеличивался при этом на 0,22–0,86 ц/га, или 5,70–22,34 %, т.е. прибавка обусловлена ростом урожайности, максимальное в опыте значение этот показатель достигал в наиболее урожайных вариантах.

Внесение удобрений позволяет увеличить урожайность зерна кукурузы на 3,2–8,0 ц/га, или на 5,8–14,68 % (табл. 7). Исключение из системы удобрения фосфора ($N_{40}K_{40}$) или внесение его в недостаточном количестве ($N_{40}P_{60}K_{40}$) ведет к недобору урожая. Наибольшее количество зерна кукурузы получено при внесении в качестве фосфорного удобрения фосфогипса. При этом максимальный в опыте урожай отмечен в вариантах $N_{40}K_{40}$ + ФГ 4 т/га (62,5 ц/га), $N_{40}K_{40}$ + ФГ 6 т/га (61,4 ц/га).

Таким образом, следует признать оптимальной дозой удобрений при выращивании кукурузы на зерно $N_{40}K_{40}$+ФГ 4 т/га. Отметим, что внесение фосфогипса обеспечивает больший прирост урожайности, чем суперфосфат, что обусловлено, по всей вероятности, улучшением физических свойств почвы и условий минерального питания элементами, входящими, помимо фосфора, в его состав. Наряду с ростом урожайности зерна кукурузы под воздействием фосфогипса в нем увеличивалось содержание азота на 0,2–0,46 %, фосфора – на 0,03–0,06 %, калия – на 0,02–0,10 %. Наибольшее количество фосфора накапливалось в зерне под воздействием фосфогипса (табл. 9).

Таблица 9 – Качество зерна кукурузы в зависимости от системы удобрения

Вариант	Содержание, %					Сбор, ц/га		Масса 1000 зерен, г
	N	P	K	сырой белок	крахмал	белка	крахмала	
Контроль	1,50	0,37	0,46	8,58	0,46	4,68	0,25	295
$N_{40}P_{60}K_{40}$	1,68	0,39	0,50	9,60	0,52	5,62	0,30	315
$N_{40}K_{40}$	1,69	0,36	0,52	9,46	0,49	5,52	0,29	303
$N_{40}K_{40}$ + ФГ 2 т/га	1,70	0,39	0,47	9,72	0,50	5,88	0,30	311
$N_{40}K_{40}$ + ФГ 4 т/га	1,81	0,42	0,50	10,35	0,56	6,47	0,35	325
$N_{40}K_{40}$ + ФГ 6 т/га	1,73	0,42	0,48	9,82	0,49	6,03	0,30	328

Применение удобрений способствовало увеличению по сравнению с контролем содержания калия в зерне кукурузы. Наибольшее количество этого элемента обнаруживалось в зерне варианта с применением фосфогипса. Таким образом, накопление азота, фосфора и калия в зерне кукурузы находится в прямой зависимости от содержания в почве их доступных растениям форм, а больше всего их обнаружено в почве при внесении фосфогипса.

Качество зерна кукурузы характеризуется содержанием в нем белка, крахмала и его “крупностью”, т. е. массой 1000 зерен. Этими показателями определяется и кормовая ценность зерна. Внесение $N_{40}P_{60}K_{40}$ способствовало увеличению содержания в зерне белка на 1,02 % и крахмала на 0,06 %, а замена суперфосфата фосфогипсом – на 1,14–1,77 % и 0,03–0,10 %, соответственно, в зависимости от его дозы (табл. 9).

Рост урожайности и накопление в зерне большего количества белка и крахмала обеспечивало увеличение сбора белка и крахмала на 0,85–2,01 ц/га (18,15–43,02 %) и 0,04–0,10 ц/га (14,14–39,61 %), соответственно. Сбор белка и крахмала наибольшим был в варианте $N_{40}K_{40}$ + ФГ 4 т/га– 6,69 и 0,35 ц/га, соответственно. При сбалансированном минеральном питании формировалось хорошо выполненное зерно: масса его 1000 шт. была на 5,42–11,19 % выше, чем в контроле. Полученные экспериментальные данные указывают на большие перспективы использования фосфогипса на посевах сои и кукурузы при их выращивании в Краснодарском крае на выщелоченных черноземах.

Таким образом, внесение фосфогипса на посевах сои и кукурузы улучшает обеспеченность растений доступными формами азота, фосфора и калия. Оптимальной нормой фосфогипса нейтрализованного, способствующей созданию лучших условий минерального питания, следует признать 4 т/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кизинек С.В., Шеуджен А.Х., Локтионов М.Ю. Эффективность применения фосфогипса как комплексного минерального удобрения в рисовых севооборотах на лугово-черноземных почва // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс : Научно-методический журнал. – Пенза : ПГТА, 2012. – № 02(06). – С. 272–278. – (Экология).

2. Добрыднев Е.П., Локтионов М.Ю. Основные результаты исследования агроэкологической эффективности фисфогипса в земледелии Краснодарского края // Плодородие. – 2013. – № 1.

3. Белюченко И.С., Добрыднев Е.П., Муравьев Е.И. Экологические особенности фосфогипса и целесообразность его использования в сельском хозяйстве // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : Мат-лы II Всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар : КубГАУ, 2010. – С. 13–22.

4. Добрыднев Е.П. Использование нейтрализованного фосфогипса в качестве минерального грунта-рекультиванта в промышленных масштабах на примере ООО "ЕвроХим-БМУ" // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства : Мат-лы I Всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар : КубГАУ, 2009. – С. 14–19.

5. Oster J.D. Gypsum usage in irrigated agriculture // Fertilizer Research. – 1982. – V. 3. – № 1. – P. 73–89.

6. Балакай Г.Т. Способы мелиорации орошаемых солонцовых почв : Научный обзор / Балакай Г.Т., Докучаева Л.М.,. Юркова Р.Е. [и др.]. – Новочеркасс, 2011. – 52 с.

7. Шеуджен А.Х., Трубилин И.Т., Онищенко Л.М. Удобрения и оценка экономической эффективности их применения. – Краснодар : КубГАУ, 2012. –332 с.

УДК 504.062.4

ПОДБОР МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ОТХОДОВ

© ***М.И. Яхкинд***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***К.Р. Таранцева***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

MICROORGANISMS' SELECTION FOR UTILIZATION OF SOME WASTE KINDS

© ***M.I. Yakhkind***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***K.R. Tarantseva***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Настоящий обзор составлен по результатам выборочного поиска в научной литературе и патентах информации о микроорганизмах, специально подобранных для утилизации различных видов отходов. Найдено, что чаще всего подбор микроорганизмов выпол-

няют для деструкции нефти и нефтепродуктов, а также продуктов органического синтеза, однако его также используют и в других случаях. Для этих целей используются разнообразные микроорганизмы, преимущественно бактерии. В целом нельзя установить какие-либо закономерности, для каждого случая микроорганизмы нужно подбирать отдельно. Полученную информацию можно использовать при выборе микроорганизмов для переработки рассмотренных видов отходов.

Ключевые слова: микроорганизмы, отходы, подбор.

This review is compiled on the results of selective search in the scientific literature and patents of the information on the microorganisms expressly selected for utilization of various waste kinds. It is found that more often microorganisms' selection is carried out for destruction of petroleum and petroleum products, and also organic synthesis products, however it is used in other cases too. For these purposes different microorganisms are used, mainly bacteria. Generally it isn't possible to find any regularity, for each case microorganisms should be selected separately. The obtained information can be used when choosing microorganisms for processing of the considered waste kinds.

Key words: microorganisms, waste, selection.

E-mail: yah@mail333.com; krtar@bk.ru

Утилизация отходов и остаточных материалов – проблема, которая стоит перед всеми странами мира, особенно потому, что с течением времени количество отходов имеет тенденцию к увеличению. Решение этой проблемы является жизненно важным.

Для утилизации отходов используют различные методы, которые можно подразделить на биологические, химические и физические. Биологические методы утилизации обычно используют для обработки сточных вод и твердых биологических отходов. Их также применяют для обработки (очистки) почв. Для обработки газов и твердых небиологических отходов чаще используют химические и физические методы.

Настоящий обзор составлен по результатам выборочного поиска в научной литературе и патентах, опубликованных в 2010–2013 гг., информации о микроорганизмах, специально подобранных для утилизации различных видов отходов. Цель данной работы – составить представление, для каких отходов необходим подбор микроорганизмов, и какие микроорганизмы для этого используются.

Отходы, для обработки которых используют специально подобранные микроорганизмы

Следует отметить, что обычно при биологической очистке сточных вод используют активный ил, состав которого вообще зависит от обрабатываемых стоков.

Однако для обработки некоторых видов отходов целесообразно использовать специально подобранные штаммы или консорциумы (сообщества) микроорганизмов – когда эффективность активного ила недостаточна, или его вообще нельзя использовать. Нередко такие микроорганизмы выделяют из соответствующих сточных вод и других сред.

Обнаружено использование подобных микроорганизмов для следующих случаев.

1. Нефть и нефтепродукты в сточных водах [1–5] и почве [6–9].

2. Продукты органического синтеза в сточных водах [1, 10–20] и газовых выбросах [21, 22], а также красители в сточных водах [23–29].

3. Промывные воды получения оливкового масла [30–34].

4. Твердые биологические отходы [35–38].

5. Окисление или восстановление неорганических анионов в водных средах – перхлораты в хлориды [39], сульфиды в сульфаты [10, 40], сульфаты в сульфиды с осаждением сульфидов металлов [41, 42], а также диоксида серы в сероводород в газах [43].

6. Выделение (биовыщелачивание) металлов из твердых отходов [44–45].

Микроорганизмы, используемые для обработки указанных выше отходов

1. Для деструкции нефти и нефтепродуктов:

- бактерии *Rhodococcus erythropolis* [1, 7], грибки *Fusarium* sp. [1] и их консорциум [1];
- бактерии *Acinetobacter* sp. [2, 3, 8, 9];
- дрожжи *Candida maltosa*, бактерии *Dietzia maris* и их консорциум [4];
- аборигенные формы микроорганизмов [5].

Ряд микроорганизмов, используемых для этих целей, перечислен в обзоре [6].

2. Для деструкции различных продуктов органического синтеза:

- бактерии *Bacillus subtilis* [1];
- бактерии *Pseudomonas putida* [1, 17], *Pseudomonas* sp. [12], *Pseudomonas pseudoalcaligenes* [13] и *Pseudomonas aeruginosa* [17, 18];
- консорциум бактерий родов *Marinobacter*, *Halomonas* и *Idiomarina* [10];
- бактерии *Halomonas* sp. [11];
- бактерии *Pseudonocardia dioxanivorans* [14];
- бактерии *Acinetobacter calcoaceticus* [21] и *Achromobacter xylosoxidans* [22];
- бактерии родов *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Kocuria*, *Stenotrophomonas*, *Proteus*, *Staphylococcus* [16];
- дрожжи *Geotrichum* sp. [19];
- аборигенные формы микроорганизмов [20].

Ряд микроорганизмов, используемых для утилизации отходов производства нитроцеллюлозы, приведен в обзоре [15].

Для деструкции красителей:

- бактерии *Shewanella* sp. [23];
- бактерии *Pseudomonas* sp. и *Micrococcus* sp. [24];
- консорциум бактерий *Alcaligenes xylosoxidans* и *Alcaligenes denitrificans* [25];
- грибки *Pleurotus ostreatus* [26], *Phanerochaete chrysosporium* [26, 27];
- дрожжи *Candida tropicalis* [28];
- аборигенные формы микроорганизмов [29].

3. Для обработки промывных вод получения оливкового масла:

- бактерии *Raoultella terrigena* и *Pantoea agglomerans* [30];
- грибки *Pleurotus sajor caju* [31] и *Trametes versicolor* [31, 32];
- дрожжи *Pichia fermentans* и *Candida* sp. [33], *Candida oleophila* [34].

4. Для переработки твердых биологических отходов:

- бактерии *Bacillus cereus* [36];
- грибки родов *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* и *Neurospora* [37];
- грибки *Trametes versicolor* [38].

Ряд грибков, используемых для утилизации отходов производства пальмового масла, приведен в обзоре [35].

5. Для окисления или восстановления неорганических анионов в водных средах:

- перхлораты в хлориды – консорциум сероокисляющих бактерий [39];
- сульфиды в сульфаты – сероокисляющие бактерии *Thioalkalivibrio* sp. [10, 40];
- сульфаты в сульфиды с осаждением сульфидов металлов – сульфатвосстанавливающие бактерии [41, 42];
- диоксида серы в сероводород в газах – сульфитвосстанавливающие бактерии [43].

6. Для выделения (биовыщелачивания) металлов из твердых отходов:

- железо, медь и некоторые другие металлы – бактерии *Acidithiobacillus* spp. и *Leptospirillum* spp. [44];
- никель – бактерии *Bacillus subtilis* [45].

Заключение

Биологические методы занимают важное место в решении проблемы утилизации отходов, особенно органических. При этом для обработки некоторых видов отходов целесообразно проводить подбор штаммов/сообществ наиболее подходящих микроорганизмов.

Найдено, что чаще всего подбор микроорганизмов выполняют для деструкции нефти и нефтепродуктов, а также продуктов органического синтеза, однако его также используют для обработки промывных вод пищевой промышленности (получения оливкового масла) и переработки твердых биологических отходов. Кроме того, подобранные микроорганизмы используют для трансформации неорганических ионов в водных средах и выделения (биовыщелачивания) металлов из твердых отходов.

Для этих целей используются самые разнообразные микроорганизмы, преимущественно бактерии. В целом нельзя установить какие-либо закономерности, для каждого случая микроорганизмы нужно подбирать отдельно.

Полученную информацию можно использовать при выборе микроорганизмов для переработки рассмотренных видов отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филиппов В.Н., Хлесткин Р.Н., Зиновьев А.П.. Биологический блок установки комплексной очистки локальных стоков // Башкир. хим. журнал. – 2011. – Т. 18. – № 2. – С. 116–120.

2. Патент РФ 2391295, 2010. Способ биологической очистки сточных вод от нефтепродуктов.

3. Патент РФ 2456406, 2012. Способ очистки проточных водоемов от нефтяных пленок.

4. Патент РФ 2465218, 2012. Способ биологического обезвреживания жидких углеводородсодержащих отходов и устройство для его осуществления.

5. Европейская заявка 2145702, 2010. Treatment of drilling waste.

6. Водянова М.А., Хабарова Е.И., Донерьян Л.Г. Анализ существующих микробиологических препаратов, используемых для биодеградации нефти в почве // Горн. информ.-аналит. бюлл. – 2010. – № 7. – С. 253–258.

7. Пыстина Н.Б. Разработка бисорбента на основе углеводородокисляющих микроорганизмов, иммобилизованных на гидрофобизированном торфе / Пыстина Н.Б., Листов Е.Л., Балакирев И.В. [и др.] // Газ. промышленность. – 2013. – № 2. – С. 82–85.

8. Патент РФ 2394779, 2010. Способ аэробной обработки осадка сточных вод и активного ила.

9. Патент РФ 2398640, 2010. Способ очистки нефтезагрязненных почв и почвогрунтов.

10. de Graaff M., Bijmans M. F. M., Abbas B., et al. Biological treatment of refinery spent caustics under halo-alkaline conditions. // Bioresour. Technol. 2011, 102, 7257-7264.

11. Piubeli F., Grossman M.J., Fantinatti-Garboggini F., Durrant L.R. Enhanced reduction of COD and aromatics in petroleum-produced water using indigenous microorganisms and nutrient addition. // Int. Biodeterior. Biodegrad. 2012, 68, 78-84.

12. Zhu X., Tian J., Chen L. Phenol degradation by isolated bacterial strains: kinetics study and application in coking wastewater treatment. // J. Chem. Technol. Biotechnol. 2012, 87, 123-129.

13. Huertas M.J., Sбez L.P., Roldбn M.D. et al. Alkaline cyanide degradation by Pseudomonas pseudoalcaligenes CECT5344 in a batch reactor. Influence of pH. // J. Hazard. Mater. 2010, 179, 72-78.

14. Международная заявка 2012/108438. Method for treating 1,4-dioxane-containing wastewater, and treatment device.

15. Агзамов Р.З. Биологические методы утилизации отходов производства нитроцеллюлозы / Агзамов Р.З., Сироткин А.С., Братилова О.Б. [и др.] // Вестник Казан. технолог. ун-та. – 2012. – Т. 15. – № 20. – С. 172–175.

16. Сопрунова О.Б., Утепешева А.А., Нгуен В.Т. Микроорганизмы – деструкторы ПАВ в водных средах // Вестник Астрахан. ГТУ. Рыбн. хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 83–90.

17. Будник В.А., Абизгильдина Р.Р. Применение бактерий-деструкторов в очистке сточных вод нефтяной промышленности // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2012. – Т. 58. – № 10. – С. 32–35.

18. Петров А.А., Салаватова Р.М. Биоочистка сточных вод производства алкилфенолов // Естеств. техн. науки. – 2011. – № 6. – С. 144–145.

19. Патент РФ 2453508, 2012. Способ биологической очистки воды от тринитротолуола.

20. Жукова О.В., Морозов Н.В., Хуснетдинова Л.З., Сидоров А.В. Оптимизация процессов очистки нефтесодержащих сточных вод ОАО "Казань-

оргсинтез" на струйно-отстойном аппарате аборигенными нефтеокисляющими микроорганизмами. Биодеградация нефтесодержащих природных и сточных вод консорциумом углеводородокисляющих микроорганизмов // Научное обозрение. – 2010. – № 1 – С. 11–23.

21. Pandey R.A., Joshi P.R., Mudliar S.N., Deshmukh S.C. Biological treatment of waste gas containing mixture of monochlorobenzene (MCB) and benzene in a bench scale biofilter. // Bioresour. Technol. 2010, 101, 5168-5174.

22. Yeom S.H., Daugulis A.J., Nielsen D.R. A strategic approach for the design and operation of two-phase partitioning bioscrubbers for the treatment of volatile organic compounds. // Biotechnol. Prog. 2010, 26, 1777-1786.

23. Biala S., Chauhan P., Chadha B.S. et al. Biotransformation of CI Acid Blue 113 and other dyes by Shewanella sp. P6. // Color. Technol. 2013, 129, 1-8.

24. Senthilkumar S., Basha C.A., Perumalsamy M., Prabhu H.J. Electrochemical oxidation and aerobic biodegradation with isolated bacterial strains for dye wastewater: Combined and integrated approach. // Electrochim. Acta 2012, 77, 171-178.

25. Bahmani P., Kalantary R.R., Esrafili A. et al. Evaluation of Fenton oxidation process coupled with biological treatment for the removal of reactive black 5 from aqueous solution. // J. Environ. Health Sci. Eng. 2013, 11, 13.

26. Kiran S., Ali S., Asgher M. Degradation and mineralization of azo dye Reactive Blue 222 by sequential photo-Fenton's oxidation followed by aerobic biological treatment using white rot fungi. // Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2013, 90, 208-215.

27. Pakshirajan K., Kheria S. Continuous treatment of coloured industry wastewater using immobilized Phanerochaete chrysosporium in a rotating biological contactor reactor. // J. Environ. Manag. 2012, 101, 118-123.

28. Jafari N., Kasra-Kermanshahi R., Soudi M. R. et al. Degradation of a textile reactive azo dye by a combined biological-photocatalytic process: Candida tropicalis Jks2 - Tio2/Uv. // Iran. J. Environ. Health Sci. Eng. 2012, 9, 33.

29. Bhawana P., Fulekar M.H. Bioremediation of dyestuff compounds using indigenous microorganism in a bioreactor. // APCBEE Proc. 2012, 1, 27-33.

30. Maza-Mбrquez P., Martнnez-Toledo M.V., Gonzбlez-Lypez J. et al. Biodegradation of olive washing wastewater pollutants by highly efficient phenol-degrading strains selected from adapted bacterial community. // Int. Biodeterior. Biodegrad. 2013, 82, 192-198.

31. Duarte K.R., Freitas A.C., Pereira R. et al. Treatment of olive oil mill wastewater by silica-alginate-fungi biocomposites. // Water Air Soil. Pollut. 2012, 223, 4307-4318.

32. Cerrone F., Barghini P., Pesciaroli C., Fenice M. Efficient removal of pollutants from olive washing wastewater in bubble-column bioreactor by Trametes versicolor. // Chemosphere. 2011, 84, 254-259.

33. Taccari M., Ciani M. Use of Pichia fermentans and Candida sp. strains for the biological treatment of stored olive mill wastewater. // Biotechnol Lett. 2011, 33, 2385-2390.

34. Amaral C., Lucas M.S., Sampaio A. et al. Biodegradation of olive mill wastewaters by a wild isolate of Candida oleophila. // Int. Biodeterior. Biodegrad. 2012, 68, 45-50.

35. Mohammad N., Alam M. Z., Kabbashi N, A., Ahsan A. Effective composting of oil palm industrial waste by filamentous fungi: A review. // Resour. Conserv. Recycl. 2012, 58, 69-78.

36. Патент РФ 2491264, 2013. Способ биологической переработки отходов животных.

37. Machado E. M. S., Rodriguez-Jasso R. M., Teixeira J. A., Mussatto S. I. Growth of fungal strains on coffee industry residues with removal of polyphenolic compounds. // Biochem. Eng. J. 2012, 60, 87-90.

38. Rodrнguez-Rodrнguez C.E., Baryn E., Gago-Ferrero P. et al. Removal of pharmaceuticals, polybrominated flame retardants and UV-filters from sludge by the fungus Trametes versicolor in bioslurry reactor. // J. Hazard. Mater. 2012, 233-234, 235-243.

39. Boles A.R., Conneely T., McKeever R. Performance of a pilot-scale packed bed reactor for perchlorate reduction using a sulfur oxidizing bacterial consortium. // Biotechnol. Bioeng. 2012, 109, 637-646.

40. de Graaff M., Klok J. B. M., Bijmans M.F. M. et al. Application of a 2-step process for the biological treatment of sulfidic spent caustics. // Water Res. 2012, 46, 723-730.

41. Заявка США 2013/180916. Biological purifier, biological purification system, and biological purification method for untreated waste water.

42. Хлебникова Т.Д., Хамидуллина И.В. Перспективы развития биохимической очистки промышленных сточных вод от сульфатов и ионов тяжелых металлов // Башкир. хим. журнал. – 2012. – Т. 19. – № 2. – С. 147–155.

43. Заявка США 2013/164810. Sulfide generation via biological reduction of divalent, tetravalent or pentavalent sulfur containing combustion flue gas or liquor.

44. Vestola E.A., Kuusenaho M.K., Nдrhi, H.M. et al. Biological treatment of solid waste materials from copper and steel industry. // Materials Challenges and Testing for Supply of Energy and Resources. Bцllinghaus T., Lexow J., Kishi T., Kitagawa M., eds. Springer, Berlin – Heidelberg, 2012. 287-296.

45. Fosso-Kankeu E., Mulaba-Bafubiandi A.F., Mamba B.B., Barnard T.G. Assessing the effectiveness of a biological recovery of nickel from tailing dumps. // Minerals Eng. 2011, 24, 470-472.

УДК 635.21:631.86:579.64

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ФОНЕ СИДЕРАТОВ В УСЛОВИЯХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ЦЧО РОССИИ

© ***Л.С. Федотова***, *Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (п. Красково, Люберецкий район, Московская обл., Россия)*

© ***А.В. Кравченко***, *Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (п. Красково, Люберецкий район, Московская обл., Россия)*

THE EFFICIENCY OF MINERAL AND BACTERIAL FERTILIZERS WHEN GROWING POTATOES WITH GREEN MANURE IN BLACK SOIL OF RUSSIA СИО

© ***L.S. Fedotova***, *Russian Research Institute of Potato named after A.G. Lorh (Kraskovo, Lyuberestky district, the Moscow region, Russia)*

© ***A.V. Kravchenko***, *Russian Research Institute of Potato named after A.G. Lorh (Kraskovo, Lyuberestky district, the Moscow region, Russia)*

Получены научные результаты, подтверждающие положительное влияние сочетания бактериальных препаратов с пониженными дозами минеральных удобрений на фоне сидерального пара на плодородие выщелоченного чернозема, продуктивность и качество картофеля в условиях Центрально-Черноземного региона (2010-2012 гг.) России.

Ключевые слова: бактериальные удобрения (Азотовит, Фосфатовит), сидераты, картофель, плодородие почвы, выщелоченный чернозём.

Obtained scientific results, confirming the positive effects of a combination of bacterial preparation with reduced doses of mineral fertilizers with a pair of sideral`nogo on the fertility of black soil leached, productivity and quality of potatoes in a central-Chernozem region (2010-2012) of Russia.

Key words: bacterial fertilizers (Azotovit, Fosfatovit), potatoes, green manure, soil fertility, high-alkaline chernozem.

E-mail: ldfedotova@gmail.com

Приоритетным направлением в технологиях производства картофеля в настоящее время является увеличение доли биогенных факторов, к которым можно отнести применение биопрепаратов на основе высокоэффективных штаммов бактерий, способствующих переходу труднодоступных форм питательных веществ в легкоусвояемые, а также несимбиотической азотофиксации в почве [2–4] и использование сидератов для поднятия плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур [1].

Условия проведения опыта. В 2010 г. на территории ООО “Тамбовсемкартофель” (с. Староселавино Первомайского района Тамбовской области) был заложен полевой стационарный опыт.

Сокращенная схема опыта: 3 (сидераты) х 3 (дозы минеральных удобрений) х 2 (виды бактериальных удобрений) х 3 (повторности) = 54 делянки. Общая площадь делянки составляла 60 м^2, учетная 40,5 м^2. Опрыскивание клубней картофеля рабочими растворами бактериальных препаратов Азотовита (Azotobacter chroococcum) и Фосфатовита (Bacillus mucilaginosus) и их смесью (в дозе 2 л/т) проводили при посадке в сажалке "Hassia" (ЗАО "Колнаг"). Сорт картофеля – Удача (раннеспелый).

Обработанные клубни высаживались на делянках: без удобрений (Фон 0); на фоне полной дозы минеральных удобрений – Фон 1 ($N_{90}P_{120}K_{120}$) и пониженной в 2 раза – Фон 1/2 ($N_{45}P_{60}K_{60}$). Срок посадки 28.04.2010, 01.05.2011 г., 05.05.2012 г. Схема посадки – 75 х 30 см.

Севооборот развернут во времени и пространстве: в 2010 г. проводились исследования на картофеле, предшественником которого были зерновые культуры. Одновременно создавались поля с сидератами: 25.06.10 г. были посеяны травосмеси: гречиха + вика яровая и редька масличная + вика яровая. Норма высева гречихи – 50 кг/га; норма высева вики яровой – 50 кг/га; норма высева редьки масличной – 30 кг/га. Доля бобового компонента в травосмеси гречиха + вика яровая составила – 50 %; в травосмеси редька масличная + вика яровая – 60 %. После учета биологической массы сидератов методом пробных снопов было проведено скашивание КИР-1,5 и запашка травосмесей БДМ4-4. Посев сидератов также повторили в 2011 г. Весь опыт был развернут на пяти полях севооборота.

В 2011 и 2012 гг. на двух сидеральных парах и опытном поле с картофелем был высажен картофель по схеме, представленной в таблице 1.

Почва опытного участка – выщелоченный среднесуглинистый чернозем, высоко окультуренная, характеризовалась высоким содержанием подвижного фосфора и повышенным содержанием обменного калия (pH_{KCl} = = 5,14-5,20; $H_г$ = 5,6-6,5 мг-экв/100г почвы; S = 29,4-31,0 мг-экв/100г почвы; V =81,9-84,6 %; $P_2O_{5по\ Чирикову}$ –126-206 мг/кг; $K_2O_{по\ Чирикову}$ –76-100 мг/кг; гумус – 5,53-5,79 %).

Метеорологические условия в годы проведения исследований отличались как по количеству осадков и их распределению в период вегетации, так и по температуре воздуха, что отразилось на показателях продуктивности картофеля.

Вегетационный период 2010 года был засушливым, осадков выпало 104,0 мм, или 44 % от среднемноголетнего значения. Среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетнее значение на 4,3 °С. В 2011 году, период с мая по август оказался более благоприятным, ближе к среднемноголетним показателям. Вегетационный период 2012 г. по температурному режиму был аналогичным 2011 году, но выпавших осадков было больше по сравнению с 2010 и 2011 годами (выпало 327,6 мм).

Результаты и обсуждение. В условиях черноземных почв Центрально-Черноземного региона запашка сидератов, внесение минеральных и бактериальных удобрений оказали достоверное положительное влияние на содержание подвижного фосфора, обменного калия и нитратного азота в почве.

Из трех изучаемых предшественников [картофель; сидерат 1 (редька + вика); сидерат 2 (гречиха + вика)] – наиболее оптимальные параметры плодородия выщелоченного чернозема складывались после запашки комплексного сидерата – редька масличная + вика. Применение в звене севооборота [(редька + вика)-картофель] перед посадкой картофеля полной и половинной дозы минеральных удобрений в сочетании с обработкой клубней бактериальными препаратами способствовало формированию положительного баланса фосфора (P_2O_5 = + 69 и 22 мг/кг), калия (K_2O = + 32 и 11мг/кг) и нитратного азота ($N\text{-}NO_3$ = +11 и 34 мг/кг) в почве. Применение минеральных удобрений без бактериальных препаратов в этом звене севооборота создавало не всегда положительные показатели по балансу элементов питания.

За годы исследований наиболее ярко действие бактериальных препаратов проявилось в звене севооборота [(гречиха + вика)-картофель], при этом бактериальные препараты хорошо работали, как в неудобренной почве (прибавка урожайности +24,6 %), так и на фоне половинной дозы NPK (+20,2 %).

Высокий эффект от бактериальных удобрений получен в повторных посадках картофеля на одном месте в течение трех лет: от 10,6 % на фоне полной дозы минеральных удобрений до 27,0 % на фоне половинной дозы (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние сидератов, минеральных и бактериальных удобрений на урожай картофеля, с. Удача

Варианты опыта	Урожай т/га	Прибавка от биопрепаратов		Прибавка от NPK		Прибавка от предшественника	
		т/га	%	т/га	%	т/га	%
Картофель (2010, 2011 и 2012 гг.)							
Без удобрений	13,7	-	-	-	-	-	-
Без удобрений + азотовит + фосфатовит	16,7	3,0	21,9				
$N_{90}P_{120}K_{120}$	19,8	-	-	6,1	44,5		
$N_{90}P_{120}K_{120}$ + азотовит+фосфатовит	21,9	2,1	10,6				
$N_{45}P_{60}K_{60}$	17,8	-	-	4,1	29,9		
$N_{45}P_{60}K_{60}$ + азотовит + фосфатовит	22,6	4,8	27,0				
Гречиха + вика (2010, 2011) – картофель (2011 и 2012)							
Без удобрений	19,1	-	-	-	-	5,4	39,4
Без удобрений + азотовит + фосфатовит	23,8	4,7	24,6				
$N_{90}P_{120}K_{120}$	29,5	-	-	10,4	54,5		
$N_{90}P_{120}K_{120}$ + азотовит + фосфатовит	32,5	3,0	10,2				
$N_{45}P_{60}K_{60}$	25,8	-	-	6,7	35,1		
$N_{45}P_{60}K_{60}$ + азотовит + фосфатовит	31,0	5,2	20,2				
Редька + вика (2010, 2011) – картофель (2011 и 2012)							
Без удобрений	20,2	-	-	-	-	6,5	47,4
Без удобрений + азотовит+фосфатовит	22,2	2,0	9,9				
$N_{90}P_{120}K_{120}$	32,5	-	-	12,3	60,9		
$N_{90}P_{120}K_{120}$ + азотовит + фосфатовит	35,5	3,0	9,2				
$N_{45}P_{60}K_{60}$	28,0	-	-	7,8	38,6		
$N_{45}P_{60}K_{60}$ + азотовит + фосфатовит	32,2	4,2	15,0				
$НСР_{05}$	1,1						

Запашка комплексного сидерата (гречиха + вика) повышала урожайность картофеля до 19,1 т/га (или на 39,4 %), редька + вика – до 20,2 т/га (или на 47,4 %) по сравнению с повторным возделыванием картофеля в течение трех лет – 13,7 т/га.

Наибольшая эффективность минеральных удобрений проявилась в звене севооборота (редька + вика) – картофель: 38,6 и 60,9 % – половинная и полная дозы, соответственно.

Возделывание картофеля в течение трех лет (2010–2012 гг.) на одном поле ослабило действие минеральных удобрений, эффективность полной дозы снизилась с 76 до 53 % (44,5 % в среднем за три года), половинной дозы – с 44 до 26 % (29,9 % в среднем за три года).

При этом урожайность картофеля находилась в относительно низком и узком интервале 13,7–22,6 т/га. Продуктивность картофеля (при повторных посадках) существенно поднималась за счет снижения антропогенной нагрузки (снижения дозы NPK на 50 %) и применения бактериальных препаратов.

Показатели качества картофеля повышались в вариантах с запашкой сидератов, применения половинной дозы NPK в сочетании с бактериальными препаратами по сравнению с соответствующими делянками повторной посадки картофеля: крахмала на 0,9-1 %, витамина С на 2,0-2,3 мг %. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов, в звеньях севооборота [(гречиха + вика)-картофель] и [(редька + вика)-картофель] положительно влияло на качество клубней, при этом обработка клубней картофеля бактериальными препаратами повышала качество продукции как на неудобренном фоне, так и на фоне полной и половинной дозы минеральных удобрений.

В 2012 году изучалось последействие минеральных и бактериальных удобрений, внесенных под картофель (2011 г.), на продуктивность ярового ячменя сорта Атаман (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние последействия удобрений и сидератов на продуктивность ячменя и звена севооборота (картофель + ячмень), 2012 г.

Последействие удобрений, внесенных под картофель	Урожай зерна ячменя, ц/га	Масса соломы,		(Зерно + солома), ц/га зерн. ед.	Продуктивность культур севооборота (картофель + ячмень), ц/га зерн. ед.
		ц/га	ц/га зерн. ед.		
Гречиха + вика (2010) – картофель (2011) – ячмень (2012)					
Без удобрений	17,8	77,3	19,3	37,1	80,6
Без удобрений + азотовит + фосфатовит	18,3	80,2	20,0	38,3	93,1
$N_{90}P_{120}K_{120}$	20,9	80,0	20,0	40,9	110,9
$N_{90}P_{120}K_{120}$ + азотовит + фосфатовит	21,2	83,6	20,9	42,1	120,6
$N_{45}P_{60}K_{60}$	18,2	82,0	20,5	38,7	102,7
$N_{45}P_{60}K_{60}$ + азотовит+фосфатовит	19,8	84,2	21,1	40,9	119,2
Редька + вика (2010) – картофель (2011) – ячмень (2012)					
Без удобрений	16,5	76,0	19,0	35,5	81,8
Без удобрений + азотовит + фосфатовит	17,1	79,2	19,8	36,9	88,7
$N_{90}P_{120}K_{120}$	21,0	84,2	21,1	42,1	120,9
$N_{90}P_{120}K_{120}$ + азотовит + фосфатовит	21.3	86,1	21,5	42,8	128,1
$N_{45}P_{60}K_{60}$	17,9	80,8	20,2	38,1	107,4
$N_{45}P_{60}K_{60}$ + азотовит + фосфатовит	19,4	83,2	20,8	40,2	120,0
НСР05	0,9	2,0	0,7	2,1	-

Продуктивность звеньев севооборота [(гречиха + вика)-картофель-ячмень] и [(редька + вика)-картофель-ячмень] изменялась, соответственно:

от 80,6 до 120,6 ц/га зерн. ед. и от 81,8 до 128,1 ц/га зерн. ед., при этом минимальная продуктивность обоих звеньев была в варианте без удобрений, а максимальная – в варианте совместного применения $N_{90}P_{120}K_{120}$ + азотовит + фосфатовит. Существенные прибавки зерна ячменя получены от последействия полной дозы минеральных удобрений в обоих звеньях севооборота – (+ 3,1 и 4,5 ц/га), от половинной дозы NPK в звене севооборота [(редька + вика)-картофель] – (+1,4 ц/га). Прибавки от последействия бактериальных удобрений были существенными на фоне половинной дозы минеральных удобрений – (+ 1,5 и 1,6 ц/га), а на фоне полной дозы минеральных удобрений и без удобрений – были незначительными.

Продуктивность звеньев севооборота [(гречиха + вика)-картофель-ячмень] и [(редька + вика)-картофель-ячмень] в вариантах сочетания половинной дозы минеральных и бактериальных удобрений ($N_{45}P_{60}K_{60}$ + азотовит + фосфатовит) составляла 119 и 120 ц/га зерн. ед., что соответствовало уровню продуктивности культур в вариантах с полной дозой минеральных удобрений – 110,9 и 120,9 ц/га зерн. ед.

Таким образом, сочетание изучаемых агроприемов (комплексное применение сидератов, пониженных доз удобрений с обработкой клубней картофеля бактериальными препаратами) решает задачу получения высоких и стабильных урожаев высококачественного картофеля, при снижении затрат на минеральные удобрения и экологизации окружающей среды, является основой адаптивно-биологизированных технологий возделывания картофеля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляк В.Б. Влияние сидератов на продукционные процессы в севообороте // Вестник Россельхозакадемии. – 2002. – № 1. – С. 5–15.

2. Роговская Н.Н., Щедрин В.А. Биологические удобрения и технологии производства семенного и продовольственного картофеля // Вопросы современного земледелия в Центральном Черноземье : Материалы научно-практической конференции, КСХА. – Курск, 2003. – С. 54–55.

3. Соколова М.Г. Бактериальные биопрепараты и их влияние на урожайность томатов и картофеля / Соколова М.Г., Акимова Г.П., Рудиковский А.В. [и др.] // Плодородие. – 2008. – № 1 (40). – С. 26–27.

4. Федотова Л.С., Кравченко А..В., Гаврилов А.Н. Значение бактериальных удобрений в биологизированном картофелеводстве // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 28–30.

УДК 631.821.2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

© ***С.В. Кизинек***, *ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)*

© ***А.Х. Шеуджен***, *ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)*

© ***Н.И. Аканова***, *ГНУ ВНИИ Агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)*

© ***М.Ю. Локтионов***, *ОАО Минерально-Химическая Компания "ЕвроХим" (г. Москва, Россия)*

© ***А.Н. Лиманский***, *ОАО Минерально-Химическая Компания "ЕвроХим" (г. Москва, Россия)*

ECOLOGICAL AND AGROEKONOMICHEKSIE ASPECTS OF THE APPLICATION OF PHOSPHOGYPSUM IN THE AGRICULTURE

© ***S.V. Kizinek***, *GNU of VNII rice of Rosselkhozakademii (Krasnodar, Russia)*

© ***A.H. Sheudzhen***, *GNU of VNII rice of Rosselkhozakademii (Krasnodar, Russia)*

© ***N.I. Akanova***, *GNU of VNII agrochemistry im D.N. Pryanishnikova of Rosselkhozakademii (Moscow, Russia)*

© ***M.YU. Loktionov***, *Mineral-chemical company "EvroKhim"(Moscow, Russia)*

© ***A.N. Limanskiy***, *Mineral-chemical company "EvroKhim"(Moscow, Russia)*

Показана эффективность применения фосфогипса как химического мелиоранта для устранения засоленности почвы. Доказано, что фосфогипс, одновременно несущий в себе элементы почвоулучшения и охраны окружающей среды, действует на почву более эффективно, чем природный гипс. Фосфогипс быстрее восстанавливает плодородие почв, повышает устойчивость растений к полеганию, болезням и вредителям, обеспечивает значительную прибавку урожая сельскохозяйственной продукции не только за счет улучшения структуры почвы, он является также источником серы, фосфора и кальция для питания растений.

Ключевые слова: фосфогипс, плодородие почвы, урожай, способ внесения.

Is shown the effectiveness of primeeniya of phosphogypsum as chemical melioranta, for eliminating the saltiness of soil. It is proven that the phosphogypsum, which simultaneously carries in itself the elements of pochvouluchsheniya and protection of environment, acts on the soil more effective than natural gypsum. Phosphogypsum more rapidly restores the fertility of soils, increases the stability of plants to the lodging, the diseases and the pests, ensures the significant addition of the harvest of agricultural production not only due to an improvement in the structure of soil, it is also the source of sulfur, phosphorus and calcium for the nourishment of the plants.

Key words: phosphogypsum, the fertility of soil, harvest, the method of the introduction.

В качестве побочного продукта при производстве фосфорных удобрений образуется фосфогипс. При получении 1 т фосфорной кислоты образуется 3,6 – 6,2 т фосфогипса в пересчете на сухое вещество, или от 7,5 до 8,4 т

влажного фосфогипса. Основу фосфогипса составляет соль $CaS0_4$, содержание которой достигает 94 %. Содержание в нем CaO составляет 36–38 % (на сухое вещество), серы – более 20 %. По действию он практически идентичен природному гипсу, а при правильной организации технологических процессов и большом объеме применения его себестоимость ниже, чем природного на 15–20 %. В составе фосфогипса в качестве примесей присутствуют остатки фосфатов, остатки фосфорной кислоты (до 4 %, в том числе до 1,5 % водорастворимой), полуторные оксиды, соединения кремния, микропримеси редкоземельных элементов [1–3].

Учитывая огромные объемы образующегося фосфогипса, актуальной проблемой является разработка способов его утилизации, технологии применения, транспортирования и хранения в отвалах. Областью его применения может быть сельское хозяйство. Государственная стратегия устойчивого развития страны провозглашает в агроэкологической сфере сохранение и восстановление естественных экосистем, стабилизацию и улучшение качества окружающей среды, организацию переработки и применения отходов промышленности. Эффективное и экологически безопасное использование побочных продуктов производства минеральных удобрений справедливо связывают с проблемой рационального использования природных ресурсов. При этом решается комплекс важнейших задач: более полное использование сырьевых ресурсов и улучшение экологической обстановки в регионе.

В нашей стране и за рубежом на протяжении нескольких десятков лет использовали и сейчас используют в качестве удобрений и почвоулучшателей, наряду с природными материалами, такими как торф, цеолиты, фосфориты, известняки, побочные продукты производств: золу, сажу, фосфогипс, запасы которых практически неисчерпаемы. Кроме того, в данном случае фосфогипс, не требует доработки и готов к применению. Потребность земледелия страны в фосфогипсе как химическом мелиоранте для устранения щелочности и засоленности почвы по расчётам учёных составляет 2,5-3,2 млн. тонн. Доказано, что фосфогипс, одновременно несущий в себе элементы почвоулучшения и охраны окружающей среды, действует на почву более эффективно, чем природный гипс, так как лучше растворяется в почвенном растворе. Фосфогипс быстрее восстанавливает плодородие почв, повышает устойчивость растений к полеганию, болезням и вредителям, обеспечивает значительную прибавку урожая сельскохозяйственной продукции не только за счет улучшения структуры почвы, он является также источником серы, фосфора и кальция для питания растений.

Почвы, на которых эффективно применение фосфогипса, богаты гумусом, характеризуются интенсивной миграцией биогенного кальция, что определяет их благоприятные физико-химические свойства: высокая емкость поглощения, близкая к нейтральной реакция среды и высокая буферность. В составе обменных катионов главная роль принадлежит кальцию, магний составляет 15-20 % от суммы, однако присутствует также натрий.

По сведениям Минсельхоза РФ в Северокавказском экономическом районе выявлено засоленных почв 3272,6 тыс. га, или 15 % от общей площади

обследованных. В Дагестане засоление охватывает более 50 % с.х. угодий – 1526,3 тыс. га, в то время как в Республике Адыгея площадь засоленных почв составляет 2,1 тыс. га, Ставропольском крае – 1180,3 тыс. га, из них 533,7 тыс. га – пашня; Краснодарском крае – 166,3 тыс. га, из них 121,4 тыс. га пашня.

Гипсование засоленных почв в стране практически прекращено, принимаемые меры с помощью промывки и гипсования должного эффекта не дают, стоят очень дорого и требуют длительного времени, большого количества воды, средств, затрат труда. В связи с этим особого внимания заслуживает возможность широкого применения экологически безопасного мелиоранта почв, не требующего больших затрат и предварительной обработки – фосфогипса [4–8].

К настоящему времени накоплен значительный научно-методический опыт по применению в земледелии фосфогипса, свидетельствующий о том, что его включение в технологию возделывания сельскохозяйственных культур позволит не только использовать на 100 % фосфатное сырьё, но и получить высокий положительный эффект, обеспечивающий: снабжение почв элементами питания; сорбцию, накопление влаги до 50 % и растворённых питательных веществ при сохранении рассыпчатости и исключение слёживаемости; мобилизацию закреплённых почвенных фосфатов, CO_2 почвы, подвижность; повышение содержания гумуса, повышение биологической активности и снятие засоления почвы, улучшение её структуры, плотности сложения и водно-воздушного режима; повышение плодородия почв, урожайности сельскохозяйственных культур, качества продукции и экологической безопасности [9–15].

Запасы фосфогипса в Краснодарском крае составляют более 4,5 млн. тонн, занимают обширную площадь и требуют значительных финансовых затрат только на его содержание. Фосфогипс имеет ряд технико-экономических преимуществ по сравнению с другими мелиорантами: он может годами храниться в полевых условиях; благодаря тонкодисперсности при его внесении обеспечивается лучший контакт с почвой. Ценнейшие макро- и микроэлементы в огромных количествах уходят в отвалы. Имеющийся в мировой практике опыт утилизации фосфогипса в сельском хозяйстве не нашёл широкого применения и использования по экономическим, технологическим и экологическим соображениям. В итоге белый клад – фосфогипс – лежит на свалках, в то время как из почв ежегодно вымывается в огромных объёмах кальций. Потери кальция в результате вымывания составляют в некоторых странах СНГ 72–200 кг, в Германии – 80–250, Италии – 370 кг/га, России – 200–450 кг/га [16–17]. Совершенно очевидно, что вымываемый из почвы кальций необходимо пополнять, например, путём внесения фосфогипса. Важно отметить, что химическая стабильность фосфогипса и его способность длительный срок сохранять свои свойства в том числе при внесении в почву, медленно трансформируясь в органоминеральные соединения, обусловливают его пролонгированное положительное воздействие на физико-химические свойства почв, что весьма ценно как с экономической точки зрения, так и с позиции сохранения и воспроизводства плодородия почв [18–20].

Внесение фосфогипса является основным мелиоративным агрохимическим приемом, используемым на почвах для коренного и на длительное время улучшения их свойств. Однако, несмотря на кажущуюся очевидность и изученность этого приема, в настоящее время остается много не решенных вопросов, что связано с действием гипсосодержащих агрохимических средств в каждой конкретной почвенно-климатической зоне.

Для условий Краснодарского края не установлена длительность действия различных мелиорантов на рисовых полях, не изучена возможность использования фосфогипса в качестве кальций-фосфор-серосодержащего удобрения, не определены оптимальные дозы минеральных удобрений и фосфогипса при совместном их применении под рис, не решены многие природоохранные вопросы, технология внесения и хранения фосфогипса и т.д. Все эти вопросы имеют большую актуальность для рисосеяния Кубани, и их изучение позволило бы более обстоятельно установить изменения агрохимических свойств почвы в результате внесения мелиорантов на рисовых полях и обосновать рекомендации по их применению.

Введение засоленных почв в рисосеяние дало бы возможность получать дополнительные урожаи зерна риса, создавало бы предпосылки для возделываний других сельскохозяйственных культур. Однако следует учитывать, что при длительном использовании в рисосеянии солонцовых почв без проведения химической мелиорации развиваются процессы осолодения и вторичного осолонцевания, увеличивается подвижность гумуса, приводящая к его значительным потерям.

Ранее проведенные исследования на почвах рисовых систем Кубани в условиях многолетнего полевого опыта показали высокую эффективность фосфогипса в условиях орошения. Установлено, что на участках, где внесен фосфогипс полной нормой, рассчитанной по обменному натрию, в течение трёх лет применять фосфорные удобрения было не нужно. Установлено, что применение высокоэффективных и дешёвых мелиорирующих средств позволит ежегодно экономить не менее 1,6-1,9 руб. с 1 га посевной площади [19–21].

Применение фосфогипса как высокоэффективного, энерго- и ресурсосберегающего фактора в настоящее время актуально и чрезвычайно перспективно. При этом важно отметить природоохранное значение использования фосфогипса, так как освобождаются тысячи гектаров земли, занятых отвалами, и почвы обогащаются основными элементами питания.

С целью выявления агроэкологической эффективности фосфогипса были проведены полевые опыты на лугово-чернозёмной тяжелосуглинистой почве, средне обеспеченной подвижными формами азота, калия и фосфора.

Почвы рисовых полей характеризуются специфическим водно-воздушным режимом, обусловленным созданием условий временного избыточного увлажнения. При систематическом длительном затоплении рисовых полей из пахотного слоя почвы происходит постепенное вымывание кальция, а вследствие быстрого обсыхания после сброса воды проявляются признаки слитости в почвах. Это приводит к ограниченному использованию объема почвенной массы корнями растений. Общая закономерность воздействия

фосфогипса состоит в том, что уменьшается содержание водорастворимых солей, почвенный раствор за счёт гидрокарбонатов и карбонатов натрия подщелачивается. Эти закономерности были подтверждены и в наших исследованиях. Было выявлено, что фосфогипс обладает высоким мелиорирующим действием. Внесение фосфогипса под многолетние травы на лугово-чернозёмной почве создает благоприятный пищевой и окислительно-восстановительный режим для последующего возделывания риса. Выявлено, что фосфогипс уже в первый год после внесения изменяет уровень кислотности среды. Благодаря высокому содержанию в верхнем горизонте почвы и оросительной воде кальция и магния заметного изменения реакции в щелочную сторону не определено. Вниз по профилю реакция среды сдвигается в слабощелочную сторону, что вполне благоприятно для роста и развития растений риса. Исследуемые почвы характеризуются высоким содержанием поглощенных оснований. Так, в слое 0–20 см на контроле она достигает 25,7 мг-экв./100 г, на долю поглощенного кальция приходится 79 % в верхнем горизонте почвы. При внесении фосфогипса в дозе 3,0 т/га сумма оснований увеличивается до 28,72 мг-экв./100 г почвы, а доля кальция возрастает до 87 %. С увеличением дозы мелиоранта до 5,0 т/га эти показатели увеличиваются, соответственно, до 30,1 мг-экв./100 г почвы и 89,9 %.

Заложенные выборочно почвенные разрезы до 1,5 м свидетельствуют о том, что независимо от применяемых агрохимических средств максимальное содержание кальция обнаруживается в слое почвы 60–80 см, а магния на глубине 120–150 см. Чем выше доза мелиоранта, тем больше величина потерь элементов. Так при дозе 5,0 т/га содержание магния в слое 120–150 см доходило до 7,23 мг-экв/100 г. В отношении кальция можно констатировать, что поступление с фосфогипсом в почву сернокислого и углекислого кальция в сочетании с водорастворимым фосфором обеспечивает стабилизацию кальциевого режима.

Следует отметить, что при возделывании риса без применения фосфогипса режим затопления поля оказал влияние на динамику содержания натрия в почве, после трех лет возделывания риса его содержание снизилось на 10 %, что, вероятно, обусловлено влиянием кальция оросительных вод. В вариантах с внесением мелиоранта после трех лет последействия содержание натрия в зависимости от дозы снизилось в 1,5–2,5 раза. На 4-й год действие мелиоранта существенно ослабло, но было еще заметным.

Исследования динамики содержания обменных оснований показали, что внесение фосфогипса оказало влияние на миграцию элементов. В подпахотном горизонте при внесении фосфогипса увеличивается содержание натрия, что обусловлено действием кальция мелиоранта. В слое почвы 20–40 см содержание обменного Na^+ в зависимости от дозы мелиоранта в 2,5–3,6 раза больше, чем в слое 0–20 см.

Действие фосфогипса на ППК лугово-черноземной почвы обусловлено тем, что вносимый мелиорант частично расходуется на вытеснение обменного натрия с образованием сульфата натрия, который легко вымывается, другая часть – на вытеснение обменного магния и увеличение равновесной концентрации ионов кальция в почвенном растворе.

Совместное применение фосфогипса и минеральных удобрений обеспечивает поддержание плодородия лугово-чернозёмной почвы на должном уровне. Существенной разницы между действием дозы 5,0 т/га и 3,0 т/га не выявлено. По-видимому, интенсивность действия высоких доз мелиоранта будет более значима при содержании в верхнем слое почвы обменного натрия выше 4,0 мг-экв/100 г почвы. Поэтому с учетом экономической составляющей считаем, что наиболее эффективной была доза мелиоранта 3,0 т/га.

Особенности режима увлажнения при возделывании риса приводят к увеличению плотности почвы. Поэтому поиск путей улучшения агрофизических свойств почв крайне актуален. Использование в этой связи фосфогипса, обладающего способностью активно агрегироваться с почвой, может существенно повлиять на агрофизические показатели почвы, которые в значительной степени обеспечивают благоприятные условия для роста и развития растений. Проведенные исследования показывают, что в исследуемых почвах преобладающей фракцией является физическая глина (частицы <0,01 мм), содержание которой в пределах профиля колеблется от 32 до 50%. Объемный вес в пахотном горизонте составляет 1,19–1,27 г/см^3. С глубиной его величина возрастает и в горизонте (60–80 см) он равен 1,38–1,46 г/см^3, и сложение характеризуется уже не рыхлым и слабым уплотнением, а средним. При анализе полевой влажности почвы было определено, что с внесением фосфогипса влажность почвенной пробы была достоверно выше в сравнении с контролем в среднем на 5,7–6,5 %. Полученные данные свидетельствуют о том, что фосфогипс способствует увеличению агрегированности почвы и более длительному удержанию влаги.

Исследованиями выявлено достоверное увеличение содержания мелкодисперсной фракции (<0,005 мм) почвы, способствующей образованию макро- и микроагрегатов в варианте с внесением фосфогипса на 11 %. Этот факт заслуживает внимания, так как фракция <0,005 мм отличается активной коагуляцией, высокой поглотительной способностью и значительным содержанием гумусовых веществ и элементов питания. Отметим изменение отношения почвенных фракций <0,005 мм к фракции >0,005 мм, при внесении фосфогипса этот показатель значимо увеличивается в слое 0–20 см с 0,47 на контрольном варианте до 0,56 в варианте “Фон + фосфогипс, 3 т/га”.

Рациональное развитие рисоводства требует новых научных решений для обеспечения населения важнейшим, незаменимым продуктом питания – “вторым хлебом”, и перерабатывающей промышленности сырьем. В современных условиях особое значение приобретает разработка и внедрение экологически безопасной, ресурсосберегающей зональной технологии возделывания риса. Не менее важно при ограниченном наличии энергоресурсов сокращать расходы при возделывании культуры, сохранять и повышать почвенное плодородие.

Внесение фосфогипса отдельно и в сочетании с минеральными удобрениями обеспечивало устойчивую прибавку урожая зерна риса, что позволило получить дополнительно в среднем за три года 5,6–23,3 ц/га, что составило на фоне минеральных удобрений в сравнении с контролем 36,5–41,4 % (рис. 1).

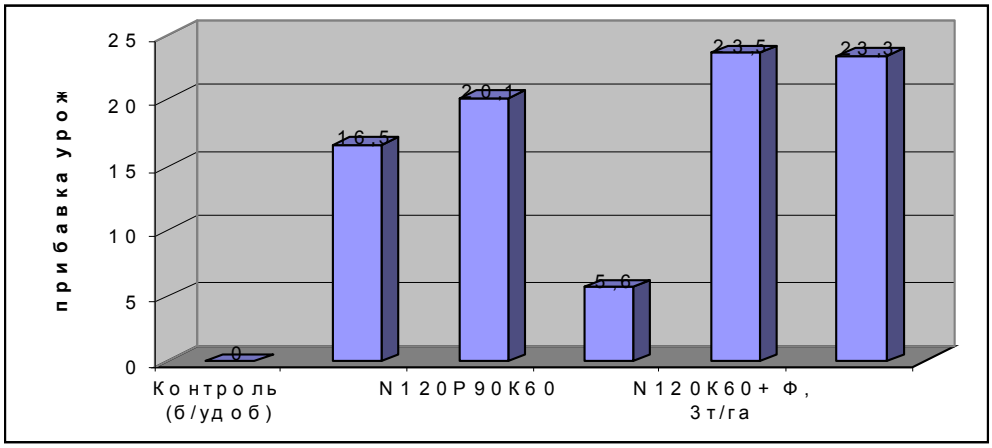


Рисунок 1 – Прибавки урожая зерна риса в зависимости от применяемых агрохимических приёмов (в среднем за 3 года), ц/га

Только от применения фосфогипса получено дополнительной продукции не менее 4,2 ц/га. Применение фосфогипса в дозе 3 т/га было достаточным для создания фосфатного режима питания растений риса и формирования максимального урожая, окупаемость 1 тонны мелиоранта сельскохозяйственной продукцией в пересчете на зерно составляла 234 кг.

Общеизвестно, что действие кальций-фосфорных удобрений, коим является фосфогипс, распространяется на ряд лет. Можно предположить, что полученный эффект будет стабилен в длительном последействии мелиоранта.

Эффективность агрохимических приёмов в технологии возделывания риса определяется не только величиной прибавок урожая зерна, но и его качеством. Применение фосфогипса в сочетании с минеральными удобрениями обеспечило достоверное увеличение белковости зерна с 7,1 % на контроле до 7,3 %. На стекловидность и плёнчатость исследуемые приёмы значимого влияния не оказали. Величина общего выхода крупы по вариантам варьировала от 70,8 до 71,5 %, не выявлена зависимость величины показателя от используемых агрохимических приемов. Однако на выход целого ядра и дроблёнки исследуемые факторы существенно повлияли: в контрольном варианте выход целого ядра 75,3 %, при сочетании полного минерального удобрения и фосфогипса – 79,9 %, соответственно, меньше доля дроблёнки – 20,1 %.

В период исследований на опыте решающим фактором, лимитирующим развитие риса, оказались погодные условия вегетационных периодов, главным образом, это температура воздуха. Дисперсионный анализ продуктивности риса позволил установить долю влияния минеральных удобрений, фосфогипса и погодных условий, а также их сочетаний на колебания продуктивности культуры (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние различных факторов на колебания урожая зерна риса (% к общему варьированию по вариантам)

Фактор	Рис
Погода (А)	62,2
Внесение фосфогипса (В)	2,7
Минеральные удобрения (С)	21,4
Взаимодействие факторов АВ	0,9
Взаимодействие факторов АС	5,5
Взаимодействие факторов ВС	1,4
Взаимодействие факторов АВС	5,9

Они показывают, что для Краснодарского края фактором, оказывающим наибольшее влияние на колебания урожайности риса, являются складывающиеся агроклиматические условия, за ними по убыванию следуют минеральные удобрения < взаимодействие минеральных удобрений и фосфогипса в конкретных погодных условиях < взаимодействие погодных условий и минеральных удобрений < внесение фосфогипса < взаимодействие фосфогипса и минеральных удобрений < взаимодействие погодных условий и фосфогипса.

Таким образом, анализ целесообразности применения фосфогипса выявил ряд положений для экономически и агроэкологически эффективного решения этой проблемы:

- применение сернокислотного способа разложения фосфатного сырья должно сопровождаться выбором стратегически перспективных технологий использования фосфогипса, но необходимы меры государственного стимулирования;
- отсутствие экономического механизма материальной заинтересованности и юридической ответственности за плодородие почв и состояние земельных ресурсов как основного средства производства и обеспечения продовольственной безопасности справедливо вызывает большую обеспокоенность и требует в сложившихся условиях нерегулируемого рынка внедрения технологий с использованием местных, доступных и в то же время высокоэффективных и дешёвых средств, каким, например, является фосфогипс;
- по обращению с крупнотоннажными отходами государственных программ сегодня практически нет, поэтому целесообразно рекомендовать фосфогипс применять в качестве местного удобрения, использование которого будет экономически оправданно при отсутствии дальних перевозок (до 500 км).

Успешное и положительное решение идеи утилизации фосфогипса позволит в рамках выдвинутой концепции выйти на 100%-ное использование фосфатного сырья и, тем самым, в корне изменить существующие подходы к производству и применению удобрений на основе фосфатного материала и других продуктов.

Важнейшим аспектом эффективного применения фосфогипса является разработка способа его внесения, учитывая высокое содержание в его составе влаги и соблюдение двух важнейших агротехнических приёмов:

внесение фосфогипса в почвенный слой и равномерное перемешивание удобрения с почвой.

В производственных условиях исследовали три способа заделки удобрения, вносимого в дозе 3 т/га в период парования. При этом особое значение приобретает внесение фосфогипса в зимний период. Фосфогипс труднорастворим в воде, что исключает большие потери с талыми водами, будет наблюдаться постепенное проникновение мелиоранта в толщу снежного покрова. Применение фосфогипса зимой, при глубине снежного покрова более 20 см, способствует хорошей заделке мелиоранта при весенней подготовке почвы, не уплотняет её при движении технологических машин по полю. Зимнее внесение мелиоранта способствует оптимизации работы парка технологических машин, снижает сезонную напряженность.

Испытывались также различные машины с целью выявления наиболее рационального и равномерного внесения фосфогипса с учетом экономии средств на проведение этих работ. В сравнительном эксперименте была опробована новая машина для внесения фосфогипса – прицепной распределитель BOMAG итальянского производства. Исследования выявили высокое качество внесения фосфогипса машиной BOMAG по сравнению с работой отечественных разбрасывателей. При конструировании и выпуске машины BOMAG итальянскими специалистами использованы усовершенствования с применением высокотехнологичных и дорого стоящих систем автоматического управления (изменение параметров вибрации, удельного давления пневмовальцов, оптимизация скоростного режима). Машина позволяет компактно вносить как малые (до 3 т/га), так и высокие (20–40 т/га) дозы фосфогипса. По сравнению с техникой прошлого поколения представленная машина существенно упрощает процесс внесения удобрения, его распределения и заделку в почву.

Однако исследования показали, что для внедрения итальянской машины в сельскохозяйственное производство Краснодарского края необходимо доведение влажности фосфогипс до 10–13 %, без соблюдения этого параметра использование машины нерационально.

В дальнейших экспериментах внесение фосфогипса производили отечественным разбрасывателем удобрений. Как показали данные агрохимического обследования полей, испытываемые способы внесения фосфогипса оказали близкое влияние как на мелиоративное состояние почв, так и на их продуктивность. Основными критерииями в оценке действия различных способов внесения фосфогипса являются повышение урожайности сельскохозяйственных культур и срок окупаемости затрат. Определено, что наиболее технологично было поверхностное внесение фосфогипса под глубокое рыхление. В этом случае осуществляется ещё и защита почв от ветровой эрозии и переноса мелиоранта на прилегающие поля и сопредельные среды.

Размеры прибавок в производственных условиях от 3 т/га фосфогипса независимо от способа его внесения близки и полученная разница по вариантам статистически не достоверна. Способы внесения под вспашку и поверхностно с последующим рыхлением оказали близкое влияние на величину урожая многолетних трав.

Полученные результаты позволяют рекомендовать способы внесения фосфогипса, наиболее отвечающие особенностям системы земледелия и почв в конкретных природно-климатических условиях с учетом специализации севооборотов и экономически оправданных затрат. Исследованные технологии внесения фосфогипса могут быть основой для проектирования и проведения работ по мелиоративной обработке почв.

В процессе взаимодействия фосфогипса с ППК происходит постоянное смещение химического равновесия в сторону растворения новых количеств удобрения вследствие поглощения ионов кальция поверхностью ППК.

Оценивая экономическую эффективность внесения фосфогипса, следует отметить, что большая доля затрат приходилась на доставку мелиоранта из г. Белореченска Краснодарского края. Но учитывая, что при внесении 1 т/га фосфогипса в почву поступает не менее 15-35 кг P_2O_5 в усвояемой форме, затраты на транспортирование и внесение фосфогипса в значительной степени возмещаются. Получение качественного корма для животных и в достаточном количестве (не меньше 287,7 ц/га) в условиях применения фосфогипса возможно при снижении его себестоимости в 1,5-2,0 раза. Достижение такого уровня урожайности обеспечивает полную окупаемость затрат на применение фосфогипса за 3 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Любимова И.Н., Борисочкина Т.И. Влияние потенциально-опасных химических элементов, содержащихся в фосфогипсе, на окружающую среду. – М., 2007. – 47 с.

2. Белюченко И.С., Добрыднев Е.П., Муравьёв Е.И. Экологические особенности фосфогипса и целесообразность его использования в сельском хозяйстве // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар : КубГАУ, 2010. – С. 13–23.

3. Шильников И.А. Потери элементов питания растений в агробиогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации : Монография / Шильников И.А., Сычёв В.Г., Шеуджен А.Х. [и др.]. – М. : Изд-во ВНИИА, 2012. – 351 с.

4. Паращенко В.Н. Продуктивность и минеральное питание риса при внесении в почву различных соединений кальция : Автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук. – М, 1986. – 17 с.

5. Кремзин Н.М. Удобрение и химическая мелиорация почв Кубани, используемых под рис : Автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук. – М., 1990. – 23 с.

6. Скуратов Н.С. Проблемы оптимизации плодородия почв Ростовской области / Скуратов Н.С., Докучаева Л.М., Кулинич Г.С. [и др.] // Экологические и экономические аспекты мелиорации. – Таллин : АН ЭССР, 1988. – Т. 3. – С. 126–130.

7. Муравьёв Е.И., Добрыднев Е.П., Белюченко И.С. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2008. – Т. 4. – № 1. – С. 31–39.

8. Муравьёв Е.И., Добрыднев Е.П., Белюченко И.С. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // Экол. вестник Сев. Кавказа. – 2007. – Т. 4. – № 1. – С. 107–115.

9. Кулик Г.В., Окунь Н.А., Пехтерев Ю.М. Справочник по планированию и экономике сельскохозяйственного производства. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Россельхозиздат, 1987. – 512 с.

10. Скуратов Н.С. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании / Скуратов Н.С. [и др.]. – Новочеркасск, 2000. – 85 с.

11. Хусаинов А.Т., Сарсенова А.А. Экологическое нормирование доз фосфогипса на солонцах по тяжелым металлам и радионуклидам // Фундаментальные исследования. – 2005. – № 9. – С. 120–121.

12. Скуратов Н.С. Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Скуратов Н.С. [и др.]. – Новочеркасск : НОК, 2005. – 180 с.

13. Ильин Б.В. Внесение химического мелиоранта фосфогипса под орошаемую культуру риса / Ильин Б.В., Вербина Е.Б., Бухтияров В.В. [и др.] // Инновационный путь развития АПК – магистральное направление научных исследований для сельского хозяйства : Материалы Международной научно-практической конференции, п. Персиановский, – 2007. – Том II. – С. 174–176.

14. Балакай Г.Т. Способы мелиорации орошаемых солонцовых почв / Балакай Г.Т., Докучаева Л.М., Юркова Р.Е. [и др.]. – Новочеркасск, ФГНУ "РосНИИПМ", 2011. – 49 с.

15. Докучаева Л.М., Юркова Р.Е. Шалашова О.Ю. Использование фосфогипса и фосфогипссодержащих материалов для мелиорации солонцовых почв в условиях орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2012. – № 3(07). – С. 52–64.

16. Шильников И.А., Ермолаев С.А., Аканова Н.И. Баланс кальция и динамика кислотности пахотных почв в условиях известкования. – М. : ООО "Технология", 2006. – 158 с.

17. Кизинёк С.В., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И., Николаева И.Н. Агроэкологическая эффективность новой формы минерального удобрения // Образование, наука, практика: инновационный аспект : Сб. материалов международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию ФГБОУ ВПО "Пензенская ГСХА". – Т. I . – 2011. – С. 70–72.

18. Белюченко И.С. Влияние фосфогипса на развитие и урожайность посевов озимой пшеницы / Белюченко И.С., Гукалов В.В., Мельник О.А. [и др.] // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2009. – Т. 5. – № 1. – С. 84–86.

19. Окорков В.В. Перспективы и пути использования фосфогипса на кислых почвах // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар, 2010. – С. 156–161.

20. Бугаевский В.К. Агроэкологические проблемы повышения плодородия солонцовых почв рисовых систем Кубани : Дисс. ...д-ра с.-х. наук, 1999. – 45 с.

УДК 633.18:631.524.84:57.04

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НИТРОАММОФОСКИ 16:16:16 В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ РИСА НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ

© ***С.В. Кизинек***, *ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)*

© ***М.В. Таук***, *ОАО "Акрон" (г. Великий Новгород, Россия)*

© ***А.Х. Шеуджен***, *ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)*

© ***Н.И. Аканова***, *ГНУ ВНИИ Агрохимии им. Д.Н. Прянишникова Россельхозакадемии (г. Москва, Россия)*

© ***И.И. Николаева***, *ОАО "Акрон" (г. Великий Новгород, Россия)*

AGROECOLOGICAL EFFECTIVENESS OF NITROAMMOPHOSKA 16:16:16 IN THE FORMATION OF THE PRODUCTIVITY OF RICE ON THE MEADOW-CHERNOZEM SOILS

© ***S.V. Kizinek***, *GNU of VNII rice of Rosselkhozakademii (Krasnodar, Russia)*

© ***M.V. Tauk***, *JSC "Acron" (Great Novgorod, Russia)*

© ***A.H. Sheudzhen***, *GNU of VNII rice of Rosselkhozakademii (Krasnodar, Russia)*

© ***N.I. Akanova***, *GNU of VNII agrochemistry im D.N. Pryanishnikova of Rosselkhozakademii (Moscow, Russia)*

© ***I.I. Nikolayeva***, *JSC "Acron" (Great Novgorod, Russia)*

Представлены экспериментальные данные, доказывающие, что новые формы нитроаммофосок эффективны при использовании на посевах риса. Вносить это удобрение целесообразно до посева под предпосевную культивацию или путем подкормки растений в фазе всходов или в начале кущения.

Ключевые слова: рис, удобрения, урожай, кремний, качество зерна, биомасса.

Are represented experimental data proving, that the new forms of nitroammophoskas are effective with the use on sowings of rice. To introduce this fertilizer is expedient before the sowing for presowing cultivation or via the feeding of plants in the phase of shoots or at the beginning of bushing out.

Key words: fig, fertilizer, harvest, silicon, the quality of the grain.

Одним из путей повышения эффективности производства риса является снижение затрат на применение минеральных удобрений, что достигается использованием высококонцентрированных комплексных продуктов. Высокая концентрация питательных элементов, составляющая в сумме не менее 40 %, позволяет значительно сократить по сравнению с простыми удобрениями расходы на перевозку, хранение и их применение [1, 2].

На посевах риса использование удобрений, содержащих азот в нитратной форме, малоэффективно из-за высокой подвижности анионов NO^{-3}

в почвенном растворе, что приводит к значительным их потерям. Поэтому в рисоводстве рекомендуется применять азотные удобрения, содержащие в своем составе аммонийный азот, или образуют его в процессе трансформации. Аммонийная форма азота закрепляется в почве и в меньшей степени подвержена потерям. Чаще всего на посевах риса из азотных удобрений используются сульфат аммония и карбамид [3, 4].

Нитроаммофоска – высокоэффективное универсальное комплексное удобрение, включающее необходимые для развития растений элементы в легкоусвояемой форме, обеспечивающие сбалансированное питание растений – азот 16 %, фосфор 16 %, калий 16 %. Выпускается в гранулированном виде. Все соли, входящие в состав этого удобрения, растворимы в воде. Она рекомендована к применению на всех типах почв в качестве основного, припосевного удобрения и подкормки. Наиболее эффективна нитроаммофоска на черноземах и каштановых почвах при орошении, благодаря более интенсивному использованию фосфорного компонента. Высокая концентрация питательных элементов, составляющая в сумме не менее 40 %, позволяет значительно сократить по сравнению с простыми удобрениями расходы на перевозку, хранение и внесение в почву [5, 6].

Цель исследований состояла в агроэкологической оценке эффективности применения различных антислёживающих добавок на основе SiO_2 к нитроаммофоске производства “Акрон” (г. Великий Новгород) в посевах риса. Двуокись, или диоксид кремния – это наиболее устойчивое и характерное соединение кремния с кислородом. Действие антислёживающих агентов основано на адсорбировании влаги или образовании тонких гидрофобных слоев между частицами продукта. В результате решаются проблемы, связанные с гигроскопичностью веществ. Увеличивая расстояния между частицами продукта добавкой антислёживающих агентов, можно уменьшить силы когезии, а также уменьшить или предотвратить электростатическое взаимодействие разноимённо заряженных частиц. Таким образом, можно воспрепятствовать склеиванию, слипанию и комкованию мелкокристаллических продуктов. При хранении в больших ёмкостях они сохраняют сыпучесть и не создают проблем при автоматическом дозировании и фасовке. Кроме того, нитроаммофоски с антислёживающими добавками содержат небольшие количества железа, алюминия, кальция, являющиеся также необходимыми составляющими минерального питания растений риса. Наряду с повышением сыпучести удобрения, что очень важно в технологии применения удобрений в связи со специфическими условиями возделывания культуры, несколько замедляется его растворение, что существенно сокращает потерю нитратного азота при затоплении рисового поля.

НОВОФЛОУ 5054RM – антислёживатель минеральных удобрений (нитроаммофоски): смесь поверхностно-активных компонентов в минеральном масле и воске, не содержит этилового спирта. Сиштоф – высокодисперсный кремнеземистый отход, содержание SiO_2 – 55–85 %, кроме того, присутствуют оксиды железа, алюминия, кальция и др. Одна из основных особенностей сиштофов – это высокая активность, оцениваемая поглощением

извести из известкового раствора. Высокая активность сиштофов обусловлена наличием в них аморфного кремнезема, частицы которого характеризуются большой дисперсностью и реакционной способностью. Уже при комнатной температуре гидрат оксида кальция химически взаимодействует с аморфным кремнеземом, образуя гидросиликаты тоберморитовой группы. Высокая активность сиштофов позволяет применять их в роли компонентов смешанных вяжущих. Недостатками их, как активных добавок, являются колебания состава, а иногда содержание большого количества серного ангидрида.

На посевах риса нитроаммофоска практически не применяется. Вместе с тем, исходя из состава этого удобрения, оно должно быть эффективно при внесении перед посевом, для обеспечения растений риса легко доступными формами азота, фосфора и калия на самых ранних этапах онтогенеза, когда корневая система у них еще недостаточно развита и обладает слабой поглощающей способностью. По этой же самой причине существует большая вероятность использования этого удобрения для первой корневой подкормки (в фазе всходов) посевов риса [7, 8].

Полевые исследования проводили на лугово-чернозёмной почве, сформированной на тяжелых аллювиальных отложениях, на рисовой оросительной системе ФГУП РПЗ “Красноармейский” им. А.И. Майстренко Красноармейского района Краснодарского края. Схема включала четыре варианта: 1) контроль (фон – аммофос и калийная соль до посева + подкормка карбамидом в начале кущения N_{46}); 2) нитроаммофоска 16:16:16 по ТУ 2186-030-00203789-2003 без добавок до посева; 3) NPK 16:16:16 + 0,2 % кремнезёма + 0,1 % новофлоу 5054; 4) NPK 16:16:16 + 6 % сиштофа. Удобрение применяли из расчета $N_{90}P_{45}K_{45}$. Повторность вариантов в опытах четырёхкратная, расположение – рендомизированное. Площадь делянок 40 м^2. Предшественник – рис. Режим орошения – укороченное затопление. Сорт риса Рапан.

Лугово-черноземные почвы с рыхлым и слабо уплотнённым сложением, структура хорошо выражена. Гранулометрический состав лугово-черноземных почв тяжелосуглинистый, содержание физической глины около 60 %; удельная масса составляет 2,4–2,5 г/см^3. Содержание гумуса в верхнем горизонте по Тюрину составляет 2,8 % и постепенно снижается вниз по профилю, содержание подвижного фосфора (по Чирикову) – 56,2 мг/кг, обменного калия (по Чирикову) – 240,6 мг/кг, $pH_{вод.}$ – 6,9.

Рост – это новообразование органов и тканей, и интенсивность его определяется, прежде всего, обеспеченностью растений элементами минерального питания, оптимизируя которое можно направленно влиять на обмен веществ и продуктивность растений [9]. Этот показатель – интегральное выражение жизнедеятельности растений как результат суммы сопряженных физиологических и биохимических процессов, протекающих в растениях под воздействием изучаемых форм удобрения. Сравнительную оценку роста и развития растений проводили по изменению линейных размеров надземных вегетативных органов, накоплению сухого вещества, поглощению элементов минерального питания и формированию листовой поверхности. Анализ высоты растений по фазам вегетации риса не выявил суще-

ственной ее зависимости от формы удобрения. Вместе с тем отмечена тенденция к снижению интенсивности роста в первой половине онтогенеза (фазы всходы-кущение) при внесении “нитроаммофоски + 6 % сиштофа”. Отличия от контроля и нитроаммофоски без анитислеживающих агентов не превышала 5,5 % (табл. 1).

Таблица 1 – Высота растений риса при внесении различных форм нитроаммофоски, см

Варианты опыта	Фаза вегетации			
	всходы	кущение	выметывание	восковая спелость зерна
Контроль	29,3	66,8	89,1	89,9
Нитроаммофоска ТУ	30,1	65,6	88,8	90,5
Нитроаммофоска с 0,2 % SiO_2	28,5	68,2	90,5	91,0
Нитроаммофоска + 6 % сиштофа	27,7	63,9	90,2	92,6
Нитроаммофоска + 0,2 % SiO_2 подкормка	28	69,9	87,5	89,6
$НСР_{05}$, см	2,3	4,6	4,7	4,9

Во второй половине онтогенеза ни в одном из вариантов не установлено различий от контроля и между собой. В этот период наблюдалась тенденция к незначительному увеличению высоты растений при внесении нитроаммофосок с антислеживающим агентом. Изучаемые нитроаммофоски в разной мере влияли на биосинтез органических соединений и связанный с ним процесс накопления сухого вещества. Эти различия проявлялись уже в фазе всходов (табл. 2). Масса растений из вариантов с внесением “нитроаммофоска + 0,2 % SiO_2” и “нитроаммофоска + 6 % сиштофа” была на 20,0 и 25,7 % больше, чем в контроле и на фоне применения нитроаммофоски без добавок.

Таблица 2 – Сухая масса надземных органов растений риса при внесении различных форм нитроаммофоски, г/раст.

Варианты опыта	Фаза вегетации			
	всходы	кущение	выметывание	восковая спелость зерна
Контроль	0,35	3,49	6,96	7,01
Нитроаммофоска ТУ	0,35	3,32	6,90	7,56
Нитроаммофоска с 0,2 % SiO_2	0,42	3,62	7,13	7,82
Нитроаммофоска с 6 % сиштофа	0,44	3,46	7,26	7,92
Нитроаммофоска с 0,2 % SiO_2 подкормка	0,35	3,73	7,53	7,99
$НСР_{05}$, г/раст	0,07	0,15	0,18	0,21

В фазе кущения растений различия между вариантами сокращались несущественно, а затем к выметыванию и восковой спелости увеличивались. Большая сухая масса растений была в вариантах применения нитроаммофосок с добавками 0,2 % SiO_2 и 6 % сиштофа. Использование удобрений обеспечило формирование более мощных и продуктивных растений, в конце онтогенеза их сухая масса была на 7,9–14,0 % больше, чем в контроле.

Такая динамика роста растений и биосинтеза сухого вещества обусловлена различным обеспечением растений подвижными соединениями азота, фосфора и калия. Добавление антислеживающих агентов на основе SiO_2 замедляет растворение удобрения и высвобождение в почвенный раствор элементов питания. Этим объясняется тенденция к более медленному, чем в контроле росту растений и накопление ими сухого вещества. Во

второй половине вегетации при внесении удобрения с добавками уже выше обеспеченность растений азотом, фосфором и калием в этих вариантах вследствие меньшей потери элементов питания из почвы, обусловленной продолжительным периодом растворения [10–12].

Наиболее благоприятные условия для роста и развития растений складываются при внесении нитроаммофоски в фазе полных всходов путем корневой подкормки. Именно в этом варианте, начиная с фазы кущения, лучше всего развиты растения, что проявляется в их сухой массе, которая больше, чем в контроле на 6,9, 8,2 и 14,0 %, соответственно, в фазе кущения, выметывания и восковой спелости.

Растения 90–95 % сухого вещества формируют за счет фотосинтеза, для успешного протекания которого необходима, в первую очередь, развитая ассимиляционная поверхность. В начале онтогенеза различий по влиянию нитроаммофосок на площадь листовой поверхности растений не выявлено (табл. 3). К фазе выметывания, когда площадь листьев растений достигает максимальной величины, достоверно большая, чем в контроле, она была при внесении “нитроаммофоски +6 % сиштофа”.

Таблица 3 – Площадь листьев растений риса при внесении различных форм нитроаммофоски, см^2/раст.

Варианты опыта	Фаза вегетации			
	всходы	кущение	выметывание	восковая спелость зерна
Контроль	11,22	94,84	155,86	93,45
Нитроаммофоска ТУ	11,00	95,06	153,82	93,08
Нитроаммофоска + 0,2 % SiO_2	11,61	98,50	152,59	93,94
Нитроаммофоска + 6 % сиштофа	11,65	98,31	178,68	94,40
Нитроаммофоска + 0,2 % SiO_2 подкормка	11,87	103,23	181,96	93,60
$НСР_{05}$, см^2/раст.	1,21	15,25	16,06	

Корневая подкормка посевов в фазе всходов риса “нитроаммофоской + 0,2 % SiO_2” способствовала формированию ассимиляционной поверхности растений большей не только по сравнению с контролем, но и с растениями вариантов с внесением такой же формы удобрения, но до посева.

Использование нитроаммофоски с антислеживющими агентами обеспечивало лучшую сохранность растений к уборке урожая. В наибольшей мере на выживаемость растений влияла “нитроаммофоска + 0,2 % SiO_2”. При ее внесении до посева к уборке на 1 м^2 произрастало на 32 растения больше, чем в контроле, а в подкормку в фазе всходов – на 39 (табл. 4). Все формы нитроаммофоски обеспечивали рост урожайности по сравнению с контролем. Наименьшая прибавка 0,24 т/га получена при внесении обычной нитроаммофоски. Удобрение с антислеживающими агентами более эффективно – при их применении формируется урожайность на 0,32–0,43 т/га, или 4,4–6,0 % выше, чем в контроле. Увеличение дозы антислеживающего агента – сиштоф 6 % – снижает эффективность удобрения: урожай зерна в этом варианте выше, чем в контроле на 0,32 т/га, но ниже, чем при внесении “нитроаммофоски + 0,2 % SiO_2” на 0,11 т/га. Однако это лишь тенденция, т.к. полученные различия статистически недостоверны.

Таблица 4 – Урожайность зерна риса на лугово-черноземной почве при использовании различных форм нитроаммофоски

Вариант	Количество растений перед уборкой, шт./м^2		Урожай, т/га	
	среднее	+/– к контролю	среднее	прибавка
Контроль	469	-	7,2	-
Нитроаммофоска ТУ	460	–9	7,44	0,24
Нитроаммофоска + 0,2 % SiO_2	501	32	7,63	0,43
Нитроаммофоска + 6 % сиштофа	489	20	7,52	0,32
Нитроаммофоска + 0,2 % SiO_2 подкормка	508	39	7,69	0,49
$НСР_{05}$	11,01		0,21	

Наибольший эффект был достигнут при применении “нитроаммофоски + 0,2 % SiO_2” путем корневой подкормки растений в фазе всходов, прибавка урожая составила 0,49 т/га по отношению к контролю и 0,06 т/га по сравнению с ее внесением до посева.

Анализ биометрических показателей растений выявил, что урожайность повышалась в результате увеличения густоты стояния растений и их продуктивности вследствие повышения кустистости, массы зерна с главной метелки и 1000 зерен (табл. 5).

Таблица 5 – Биометрические показатели растений риса при внесении различных форм нитроаммофоски

Варианты опыта	Высота растений	Длина метелки	Продуктивная кустистость, шт./раст	Пустозерность, %	Масса, г	
	см				зерна с главной метелки	1000 зерен
Контроль	108,5	16,4	1,2	13,6	3,3	27,1
Нитроаммофоска ТУ	110,3	17,2	1,3	14,0	3,7	28,0
Нитроаммофоска с 0,2 % SiO_2	108,0	18,0	1,4	14,1	3,9	28,5
Нитроаммофоска с 6 % сиштофа	106,5	17,6	1,4	13,8	3,8	28,2
Нитроаммофоска с 0,2 % SiO_2 подкормка	109,5	18,4	1,4	14,0	3,9	28,6
$НСР_{05}$	7,0	1,1	0,2	2,0	0,5	1,4

Одним из основных показателей агроэкологической эффективности удобрения является полнота использования растениями элементов питания из удобрения, определяемая соотношением его выноса урожаем и поступлением с удобрением. Для расчета этих показателей определяли содержание в вегетативных органах и зерне риса азота, фосфора и калия (табл. 6).

Таблица 6 – Содержание азота, фосфора и калия в надземных органах риса при внесении различных форм нитроаммофоски, %

Вариант	Листья + стебли			Зерно		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Контроль	0,68	0,28	2,04	1,28	0,64	0,36
Нитроаммофоска ТУ	0,63	0,27	2,04	1,26	0,62	0,36
Нитроаммофоска + 0,2 % SiO_2	0,68	0,29	2,09	1,29	0,64	0,36
Нитроаммофоска + 6 % сиштофа	0,69	0,30	2,08	1,29	0,66	0,32
Нитроаммофоска + 0,2 % SiO_2 подкормка	0,70	0,232	2,16	1,30	0,69	0,38
$НСР_{05}$, %	0,20	0,15	0,21	0,12	0,05	0,02

Достоверных различий по химическому составу растений по вариантам опыта не выявлено. Однако отмечена устойчивая тенденция к несколько большему накоплению в зерне и вегетативных органах азота, фос-

фора и калия. Особенно это заметно при корневой подкормке растений нитроаммофоской с 0,2 % SiO_2.

Вынос элементов определяется их содержанием в урожае и его величиной. Установлено, что замена однокомпонентных удобрений нитроаммофоской по ТУ обусловливает уменьшение хозяйственного выноса азота и фосфора менее, чем на 1 % и увеличение выноса калия на 3,3 % (табл. 7). При внесении модифицированных нитроаммофосок до посева вынос азота увеличивается на 6,5 и 5,5 %, фосфора – 7,0 и 8,9 %, калия – 4,3 и 8,1 %, соответственно, в вариантах с антислеживающим агентом 0,2 % SiO_2 и 6 % сиштофа. Внесение нитроаммофоски с 0,2 % SiO_2 в подкормку обусловливало увеличение выноса азота на 9,0 %, фосфора – 7,6 % и калия на 13,3 %. Так как во всех вариантах опыта, включая контроль, доза NPK одинаковая, то увеличение, пусть и незначительное, выноса свидетельствует, что удобрение используется эффективнее, следовательно, меньше его теряется, загрязняя сбросные и фильтрационные воды. Таким образом, использование модифицированных нитроаммофосок выполняет и экологические функции, защищая окружающую среду от загрязнения.

Таблица 7 – Вынос азота, фосфора и калия урожаем риса при внесении различных форм нитроаммофоски, кг/га

Вариант	Вынос зерном			Вынос побочной продукцией			Хозяйственный вынос		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
Контроль	92,16	46,08	25,92	44,06	18,14	132,19	136,22	64,22	158,11
Нитроаммофоска ТУ	93,74	46,13	26,78	42,18	18,08	136,60	135,93	64,21	163,38
Нитроаммофоска + 0,2 % SiO_2	98,43	48,83	27,47	46,70	19,91	143,52	145,12	68,75	170,99
Нитроаммофоска + 6 % сиштофа	97,01	49,63	24,06	46,70	20,30	140,77	143,71	69,94	164,84
Нитроаммофоска + 0,2 % SiO_2 подкормка	99,97	53,06	29,22	48,45	16,06	149,49	148,42	69,12	178,72

Анализ затрат азота, фосфора и калия на формирование 1 т зерна показал, что при внесении нитроаммофоски по ТУ 2186-030-00203789-2003 они снижались на 3,4 и 3,3 % для первых двух элементов (табл. 8). Внесение нитроаммофосок с антислеживающими агентами также мало отражалось на затратах элементов. Сколь-нибудь заметным оно было для фосфора – увеличивались на 4,3 % по сравнению с контролем при использовании нитроаммофоски с 6 % сиштофа.

Таблица 8 – Затраты азота, фосфора и калия на образование 1 т зерна риса при внесении различных форм нитроаммофоски, кг/т

Вариант	Затраты на 1 кг/т		
	N	P	K
Контроль	18,92	8,92	21,96
Нитроаммофоска ТУ	18,27	8,63	21,96
Нитроаммофоска с 0,2 % SiO_2	19,02	9,01	22,41
Нитроаммофоска с 6 % сиштофа	19,11	9,3	21,92
Нитроаммофоска с 0,2 % SiO_2 подкормка	19,30	8,99	23,24

Больше всего азота, фосфора и калия на формирование единицы продукции затрачивалось при внесении удобрения в подкормку, но это увеличение весьма незначительно – 2,0 % азота, 0,8 % фосфора и 5,8 % калия.

Увеличение урожая зерна в условиях применения стандартных удобрений рисовых полей на нитроаммофоску ТУ 2186-030-00203789-2003 и модифицированную с антислеживающими агентами требует оценки качества урожая. Эта необходимость вызвана наличием отрицательной корреляции между величиной урожая и его качеством. Для оценки качества урожая определяли содержание в зерне белка, крахмала, элементов минерального питания, его стекловидность трещиноватость, пленчатость, выход крупы и содержание в ней целого ядра. Анализ этих показателей не выявил влияния нитроаммофосок, достоверно отличного от традиционных удобрений (табл. 9).

Таблица 9 – Качество зерна риса при внесении различных форм нитроаммофоски

Показатель, %	Контроль	Нитроаммофоска			
		ТУ	+ 0,2 % SiO_2	+ 6 % сиштоф	+ 0,2 % SiO_2 подкормка
Белок	7,02	7,02	7,04	7,06	7,13
Крахмал	70,84	70,76	70,92	70,98	71,06
Зола	4,04	4,04	4,08	4,09	4,14
Стекловидность	97,2	97,0	97,0	97,9	98,2
Трещиноватость	12,4	12,0	12,8	11,8	11,0
Пленчатость	18,2	18,2	18,0	18,3	18,4
Выход крупы	67,4	67,4	67,4	68,0	68,5
Содержание целого ядра в крупе	72,6	72,6	72,5	73,9	74,6

Вместе с тем при внесении “нитроаммофоски + 0,2 % SiO_2” путем корневой подкормки растений отмечено небольшое увеличение содержания в зерне белка и крахмала, а также его стекловидности. Здесь же отмечено снижение трещиноватости зерна, вызванного, по всей вероятности, кремнием, присутствующим в модифицированной нитроаммофоске. Снижение трещиноватости повлекло за собой увеличение на 1,0 % выхода крупы и 2,0 % содержания в ней целого ядра. Испытание эффективности различных нитроаммофосок выявило преимущество форм с антислеживающими агентами на основе кремния. Они обладают хорошими физическими свойствами, при внесении равномерно распределяются по поверхности поля.

Наряду с этим они в большей мере, чем однокомпонентные удобрения и нитроаммофоска ТУ 2186-030-00203789-2003 воздействуют на условия минерального питания растений. Установлено, что использование таких форм благоприятно отражается на росте и развитии растений риса, что проявляется в активном биосинтезе органического вещества и формировании ассимиляционной поверхности. В конечном итоге все это выражается в увеличении урожайности на 0,32–0,49 т/га по сравнению с однокомпонентными удобрениями и 0,08–0,25 т/га относительно нитроаммофоски ТУ 2186-030-00203789-2003.Такой эффект обусловлен, по нашему мнению, более медленной трансформацией удобрения в почве, что снижает его непроизводительные потери. Не исключена вероятность положительного воздействия кремния, входящего в состав антислеживающих агентов.

Увеличение урожайности сопровождается улучшением технологического качества зерна риса: снижается трещиноватость, повышается выход крупы и содержание в ней целого ядра.

Модификация нитроаммофосок антислеживающими агентами снижает потери элементов питания из удобрения, о чем свидетельствует повышение выноса азота, фосфора и калия с урожаем риса. Сравнительная оценка антислеживающих агентов 0,2 % SiO_2 и 6 % сиштофа выявила небольшое преимущество первого из них.

Таким образом, новые формы нитроаммофосок могут быть рекомендованы к использованию на посевах риса в качестве эффективного поликомпонентного удобрения. Вносить его необходимо до посева под предпосевную культивацию. Эффективно также использование этого удобрения для корневой подкормки посевов в фазе всходов или в начале кущения растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шеуджен А.Х., Кизинёк С.В. Удобрение риса. – Майкоп : ГУРИПП “Адыгея”, 2004. – 147 с.

2. Куркаев В.Т., Шеуджен А.Х. Агрохимия. – Майкоп : ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.

3. Оськин А.И., Радин Ю.П. Комплексная механизация возделывания риса. – М. : Колос, 1971.

4. Ермоленков В.В. Земледелие / Ермоленков В.В., Прокопович В.Н., Никончик П.И. – М. : ИВЦ Минфина, 2006. – 216 с.

5. Алов А.С. Факторы эффективности удобрений. – М., 1966. – 188 с.

6. Пронько В.В. Повышение эффективности удобрений в засушливом Поволжье : Автореф. дисс. ...д-ра с.-х. наук. – Саратов, 2002. – 42 с.

7. Шеуджен А.Х Агрохимия и физиология питания риса. – Майкоп : ГУРИПП “Адыгея”, 2005. – 1010 с.

8. Мещеряков А.М., Ле Ван Кан. Динамика поглощения азота, фосфора и калия рисом // Агрохимия. – 1964. – № 6. – С. 69–75.

9. Алиев Д.А. Фотосинтетическая деятельность, минеральное питание и продуктивность растений. – Баку : Элм, 1974. – 336 с.

10. Айлер Р.К. Химия кремнезема: В 2-х т. – М. : Мир, 1982. – 1127 с.

11. Шеуджен А.Х., Алешин Н.Е. Теория и практика применения микроудобрений в рисоводстве. – Майкоп, 1996. – 314 с.

12. Алешин Н.Е., Авакян Э.Р. К вопросу о кремниевом обмене риса // Бюл. НТИ ВНИИ риса. – 1978 (1979). – Вып. 26. – С. 16.

УДК 633.19

АЗОТФИКСИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ СИМБИОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН СОИ РИЗОТОРФИНОМ СОВМЕСТНО С СЕЛЕНАТОМ НАТРИЯ

© ***А.А. Блинохватов***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***С.В. Зиновьев***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

NITROGEN-FIXING ACTIVITY OF THE SYMBIOTIC SYSTEMS AT TREATMENTS OF SEED OF SOY OF RIZOTORFIN JOINTLY WITH SELENAT OF NATRIUM

© ***A.A. Blinokhvatov***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***S.V. Zinoviev***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена изучению азотфиксирующей активности симбиотических систем при обработке семян сои ризоторфином совместно с селенатом натрия. Выявлено, что при обработке семян сои ризоторфином совместно с селенатом натрия можно существенно увеличить активный симбиотический потенциал. Это даст возможность восполнить запасы азота почвы – основного биогенного элемента.

Ключевые слова: соя, ризоторфин, селенат натрия, симбиотическая фиксация, симбиотический аппарат, активный симбиотический потенциал.

The article is sanctified to the study of nitrogen-fixing activity of the symbiotic systems at treatments of seed of soy of rizotorfin jointly with selenat of natrium. It is educed, that at treatment of seed of soy of rizotorfin jointly with selenat of natrium it is possible substantially to increase active symbiotic potential. It will give an opportunity to fill in the supplies of nitrogen of soil - basic biogenic element.

Key words: soy, rizotorfin, selenat of natrium, symbiotic fixing, symbiotic vehicle, active symbiotic potential.

E-mail: bl-anton58@rambler.ru

В связи с высокой энергоемкостью технической фиксации азота воздуха, дороговизной азотных удобрений, а также с экологической опасностью применения их в высоких нормах, биологическая азотфиксация, лишенная вышеуказанных недостатков, приобретает все большее значение в мировом растениеводстве. Азотфиксирующая активность симбиотических систем, урожайность и белковая продуктивность бобовых культур в решающей степени зависят от параметров основных факторов среды, а также от особенностей биологии макро- и микросимбионтов [1, с. 44–45].

Создание благоприятных условий для активной симбиотической фиксации азота воздуха возможно за счет регуляции метаболизма клубеньковых бактерий, являющихся действующим началом ризоторфина.

Практическое значение биологической фиксации определяется тем, что азот – основной биогенный элемент, запасы которого в почве ежегодно

уменьшаются, и способностью частичного пополнения их в процессе азотфиксации [2, с. 126–137].

Соя отличается достаточно высокой азотфиксирующей способностью. При благоприятных условиях симбиоза она может фиксировать 60–200 кг/га азота [3, с. 55–69].

В процессе симбиотической фиксации азота существенную роль играют микроэлементы. Очень интересным оказался обнаруженный факт активного влияния селена на азотфиксирующие бактерии, численность которых при внесении микроэлемента в почву увеличивается на два порядка. Благоприятное действие селена на азотфиксирующие микроорганизмы объясняется тем, что этот элемент спасает клеточные структуры от вредного воздействия избытка свободных радикалов, которые образуются в результате жизнедеятельности клеток. Селен обладает выраженными антиоксидантными свойствами, поскольку является компонентом фермента глутатионпероксидазы, которая предохраняет мембраны клеток от окислительной деструкции [4, с. 111–119].

При анализе морфологии симбиотического аппарата сои отмечено, что клубеньки на ее корнях появляются через 8-10 дней после полных всходов, а через 4-6 дней в них появляется леггемоглобин. Наличие его в бактероидах – одно из важнейших условий для симбиотического процесса. Связывая кислород, леггемоглобин создает необходимые микроаэрофильные условия в клубеньке и вместе с тем транспортирует к бактероидам кислород, необходимый для дыхания.

Мелкие, серые, неактивные клубеньки, разбросанные по боковым корням, не фиксируют азот.

Подсчет количества активных клубеньков и определения их массы в фазу начала образования бобов сои позволил установить влияние приемов предпосевной обработки на формирование симбиотического аппарата (табл. 1).

Таблица 1 – Масса активных клубеньков у сортов сои, г/раст. (фаза – начало образования бобов)

Сорт	Контроль			Ризоторфин			Ризоторфин + селен		
	2010 г.	2011 г.	среднее	2010 г.	2011 г.	среднее	2010 г.	2011 г.	среднее
Магева	0,63	0,67	0,65	0,98	0,98	0,98	1,48	1,50	1,49
Окская	0,61	0,63	0,62	0,92	0,94	0,93	1,42	1,46	1,44
Гармония	0,73	0,75	0,74	1,38	1,40	1,39	1,90	1,94	1,92
Соер 7	0,73	0,77	0,75	1,15	1,25	1,20	1,82	1,84	1,83
УСХИ 6	0,75	0,75	0,75	1,32	1,36	1,34	1,88	1,92	1,9

Несмотря на наличие в почве спонтанных форм клубеньковых бактерий, эффективность инокуляции семян сои штаммом 634б была высокой в течение всей вегетации. Сырая масса клубеньков достигала 1,20-1,39 г на одно растение у среднеспелых и 0,93-0,98 г у раннеспелых сортов сои. При использовании селенезированного ризоторфина масса активных клубеньков оказалась в 2,3-2,6 раза выше, по сравнению с контролем.

Количественным показателем величины симбиотического аппарата является его активный симбиотический потенциал (АСП). Количество симбиотически фиксированного азота зависит не только от массы клубеньков с леггемоглобином, но и от продолжительности их функционирования. Активный симбиотический потенциал (АСП) объединяет эти два критерия азотфиксации.

При оптимальных условиях симбиоза активный симбиотический потенциал (АСП) у зернобобовых культур может достигать 25 тыс. единиц и более.

Результат расчета АСП сортов сои представлен в таблице 2. Полученные данные показывают, что в условиях Пензенской области соя при благоприятных условиях формирует достаточно большой симбиотический потенциал.

Наибольший АСП на посевах сои в среднем за 2010–2011 годы отличался в варианте с инокуляцией семян ризоторфином совместно с селеном 38 629–40 139 кг·дней/га у скороспелых сортов Магева и Окская; 58 480–69 968 кг·дней/га у среднеспелых сортов Гармония, Соер 7 и УСХИ 6, а наименьший 14 745-23 959 кг·дней/га в контрольном варианте.

Таблица 2 – Активный симбиотический потенциал сортов сои кг·дней/га в зависимости от условий выращивания

Сорт	Контроль			Ризоторфин			Ризоторфин + селен		
	2010 г.	2011 г.	среднее	2010 г.	2011 г.	среднее	2010 г.	2011 г.	среднее
Магева	14788	15328	15058	23522	23926	23724	38723	41555	40139
Окская	14354	15136	14745	22365	23815	23090	37124	40134	38629
Гармония	23360	24558	23959	45493	50487	47990	66515	73421	69968
Соер 7	22235	23263	22749	37333	42247	39790	63138	66062	64600
УСХИ 6	20321	21757	21039	36598	40382	38490	56546	60415	58480

Проведенные в полевых условиях исследования показали, что при использовании ризоторфина и селенизированного ризоторфина для предпосевной обработки семян сои наблюдается отчетливый положительный эффект их воздействия. Наибольший процент увеличения количества клубеньков на корневой системе происходит на варианте с применением инокуляции селенизированным ризоторфином. Наивысшего значения величина АСП достигла в варианте с обработкой ризоторфином, активизированным соединениями селена.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С. Бобовые, азот и проблема белка // Вестник с.-х. науки. – 1978. – № 9. – С. 44–55.

2. Вавилов П.П., Посыпанов Г.С, Бобовые культуры и проблема растительного белка. – М. : Россельхозиздат, 1983. – 256 с.

3. Посыпанов Г.С. Биологический азот – проблемы экологии и растительного белка. – М. : МСХА, 1993. – 268 с.

4. Посыпанов Г.С. Бобовые, азот и белок. – М. : ТСХА, 1989.

УДК 633.15+631.811.98

СРЕДСТВА ХИМИЗАЦИИ, РЕГУЛЯТОР РОСТА И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КУКУРУЗЫ

© ***С.А. Семина***, *Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)*

© ***А.Г. Иняхин***, *Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)*

CHEMIKALIZATION MEANS, GROWTH REGULATOR AND BIO-CHEMIKAL COMPOSITION OF MAIZE

© ***S.A. Semina***, *Penza State Agricultural Akademy (Penza, Russia)*

© ***A.G. Inykhin***, *Penza State Agricultural Akademy (Penza, Russia)*

Статья посвящена изучению влияния полного минерального удобрения, довсходового и послевсходовых гербицидов и регулятора роста циркон на изменение биохимического состава зеленой массы кукурузы, накопление микроэлементов. Установлено положительное влияние минеральных удобрений в улучшении биохимического состава кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза, гербицид, регулятор роста, протеин, микроэлементы.

The article deals with the study of the influence of complete mineral fertilizer, pre- and post-germination herbicides and growth regulator zircon on changes of bio-chemical composition of maize green mass and the accumulation of trace elements. The positive effect of mineral fertilizers on bio-chemical composition of maise have been established.

Key words: maize, herbicide, growth, protein, trace elements.

E-mail: seminapenza@rambler.ru

Одной из важнейших культур современного земледелия является кукуруза, которая при высоком продуктивном и адаптивном потенциале способна эффективно использовать почвенно-климатические факторы, хорошо отзываться прибавкой урожая на улучшение водного и пищевого режимов, общего агротехнического состояния посевов. Она дает высокоэнергетические корма, незаменима для производства качественного силоса, являющегося универсальным продуктом для животных, обеспечивающим их витаминами, протеином, углеводами и другими жизненно важными веществами [5].

Среди факторов, определяющих продуктивность кукурузы, решающая роль принадлежит минеральным удобрениям [2, 6]. В современных агротехнологиях борьба с сорняками как агротехническими, так и химическими методами является обязательным агроприемом, так как кукуруза в начальный период вегетации характеризуется низкой конкурентоспособностью к сорной растительности [1]. Однако применение гербицидов является своеобразным окислительным стрессом для культурных растений, поэтому необходимо использование “антистрессовых” препаратов, особенно при фолиарной обработке посевов [3, 7]. Для уменьшения проявления фитотоксичности гербицидов можно использовать баковые смеси гербицида и природных регуляторов роста антистрессового действия. В связи с этим комплексные исследования

по изучению изменения биохимического состава зеленой массы кукурузы при применении средств химизации и регулятора роста в условиях лесостепи Среднего Поволжья являются весьма актуальными.

Исследования проводились в 2011–2012 годах на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом среднемощном с повышенным содержанием азота и фосфора и высокой обеспеченностью калием, реакция почвенного раствора слабокислая.

Опыт был заложен в трехкратной повторности, методом расщепленных делянок со следующими факторами и градациями:

Фактор А – норма удобрения: 1 – $N_0P_0K_0$; 2 – $N_{120}P_{104}K_{60}$.

Фактор В – регулятор роста: 1 – без регулятора роста; 2 – некорневая обработка регулятором роста циркон (в фазу 3-х – 5-ти листьев).

Фактор С – применение гербицидов: 1 – без обработки (контроль); 2 – довсходовый (Дуал Голд, КЭ); 3 – послевсходовый (Диален Супер, ВР + Милагро, КС) (в фазу 3-х – 5-ти листьев); 4 – довсходовый + послевсходовый.

Размещение вариантов систематическое.

Агротехника возделывания общепринятая для черноземных почв Пензенской области. Предшественник – озимая пшеница по чистому пару.

Погодные условия в годы исследований были достаточно благоприятны для роста и развития кукурузы. Максимальное количество осадков на фоне повышенной температуры выпадало в период интенсивного роста растений.

Результаты биохимического анализа показывают закономерное увеличение сырого протеина в сухой биомассе при внесении полного минерального удобрения до 10,22–10,83 %, что выше, чем на неудобренном фоне на 0,40–1,51 % (табл. 1), но во всех вариантах опыта получен корм, недостаточно обеспеченный белком (зоотехнические требования 14–15 %). Улучшение фитосанитарного состояния посева при обработке гербицидами без дополнительного опрыскивания регулятором роста циркон на неудобренном фоне способствовало повышению белковости фитомассы. При применении полного минерального удобрения такая четкая закономерность не прослеживается.

Сырая клетчатка трудно переваривается и усваивается организмом. Большое количество клетчатки понижает питательную ценность растительного корма. Наши исследования показали, что при применении полного минерального питания отмечено снижение содержания сырой клетчатки на 0,90–1,64 %, а средства защиты и регулятор роста не влияли на этот показатель качества корма. В условиях опыта получен хорошо перевариваемый корм, соответствующий зоотехническим требованиям по содержанию сырой клетчатки (18–25 %).

Жиры имеют высокую калорийность, поэтому они являются источником энергии в организме животных. Следует отметить, что получена биомасса с обеспеченностью жиром 2,23–2,92 %, но какой-либо закономерности влияния приемов возделывания кукурузы на этот показатель качества не прослеживается.

Таблица 1 – Биохимический состав кукурузы, среднее за 2011–2012 гг.

Норма удобрения	Некорневая обработка цирконом	Обработка гербицидами	Содержание, % в сухом веществе						
			сырой протеин	сырая клетчатка	сырой жир	сырая зола	БЭВ	фосфор	калий
$N_0P_0K_0$	Без обработки	Без обработки	9,28	22,43	2,50	4,66	61,14	0,21	1,61
		Дуал Голд	9,60	22,17	2,51	5,18	60,54	0,22	1,72
		Диален Супер + Милагро	9,64	22,57	2,54	5,08	60,16	0,20	1,75
		Дуал Голд + (Диален Супер + Милагро)	9,74	22,86	2,15	5,11	60,14	0,21	1,64
	Обработка цирконом	Без обработки	9,66	22,89	2,72	5,08	59,64	0,27	1,83
		Дуал Голд	9,55	22,38	2,92	5,08	60,06	0,25	1,76
		Диален Супер + Милагро	9,40	22,92	2,54	5,40	59,74	0,24	1,67
		Дуал Голд + (Диален Супер + Милагро)	9,32	22,75	2,32	4,93	60,68	0,25	1,84
$N_{120}P_{104}K_{60}$	Без обработки	Без обработки	10,22	21,53	2,84	4,60	60,82	0,28	1,83
		Дуал Голд	10,64	21,12	2,76	4,79	60,70	0,30	1,79
		Диален Супер + Милагро	10,70	21,22	2,69	5,12	60,28	0,27	1,91
		Дуал Голд + (Диален Супер + Милагро)	10,89	21,54	2,74	5,16	59,68	0,27	1,76
	Обработка цирконом	Без обработки	10,28	21,56	2,74	4,47	61,10	0,29	1,85
		Дуал Голд,	10,60	20,74	2,54	4,62	61,50	0,28	1,89
		Диален Супер + Милагро	10,36	21,56	2,50	5,13	60,44	0,28	1,72
		Дуал Голд + (Диален Супер + Милагро)	10,83	21,30	2,23	5,14	60,49	0,27	1,93

В растительных кормах мало зольных веществ. В биомассе кукурузы содержание сырой золы варьировало от 4,47 до 5,40 %, и в некоторых вариантах было ниже зоотехнических рекомендаций (5–7 %). Обработка гербицидами способствовала неблшому повышению зольности биомассы.

Основную часть безазотистых экстрактивных веществ кормов (БЭВ) составляют углеводы – водорастворимые (сахара) и нерастворимые в воде (крахмал). Они имеют наибольшее значение в питании животных. В годы исследования получен корм с содержанием БЭВ в сухой биомассе от 59,68 до 61,50 %, по вариантам опыта значительного варьирования не зафиксировано.

Фосфор входит в состав белковой молекулы, он необходим для роста и нормального обмена веществ животных. Как показали результаты анализа, содержание фосфора в зеленой массе кукурузы во всех вариантах опыта было почти вдвое ниже зоотехнических требований, а по содержанию калия отмечена обратная закономерность. В условиях опыта получен корм с превышением зоотехнических требований по накоплению калия в 1,5–1,7 раза.

Накопление фосфора и калия в фитомассе кукурузы мало изменялось под влиянием гербицидов и регулятора роста растений, но наметилась тенденция увеличения содержания этих элементов при внесении минеральных удобрений.

Известно, что с удобрениями в почвенную среду поступают также тяжелые металлы. Цинк, медь и марганец являются биогенными микроэлементами, необходимыми для жизнедеятельности растений, однако в повышенных количествах они становятся токсичными [4].

Марганец содержится во всех растительных клетках, он регулирует окислительно-восстановительные процессы. В условиях опыта наибольшая концентрация марганца отмечена в растениях на фоне применения полного минерального удобрения, но во всех вариантах опыта он не накапливался выше максимально допустимого уровня.

Цинк усиливает деятельность ферментов, влияет на образование хлорофилла и развитие листьев, играет важную роль в дыхании растений. На содержание цинка в растениях кукурузы изучаемые агроприемы практически не повлияли, оно изменялось от 8,10 до 10,00 мг/кг сухого вещества и было меньше максимально допустимого уровня в кормах (50,0 мг/кг) и вдвое ниже оптимума в кормах.

Медь имеет очень важное и специфическое значение в жизни растений и не может быть заменена каким-либо другим элементом. Медь повышает интенсивность дыхания и фотосинтеза, положительно сказывается на углеводном и белковом обмене. Концентрация меди в растениях, превышающая 20 мг/кг сухой массы, условно считается пороговой, определяющей области нормального и избыточного содержания меди в растениях. Оптимальным считается содержание меди в кормах 10 мг/кг сухого вещества [4]. В полученном в опыте корме накапливалось 2,50–3,90 мг/кг меди и определенной закономерности по вариантам не прослеживалось.

Больше всего железа поглощали растения при комплексном применении довсходовых и послевсходовых гербицидов – 2,00–2,10 мг/кг сухой массы, что в полтора-два раза больше, чем в других вариантах.

Кадмий относится к элементам, условно необходимым растениям. Он легко поступает в растения, отличается высокой токсичностью по отношению к живым организмам. Наибольшая концентрация кадмия обнаруживается в корнях и листьях. Содержание кадмия в пищевых и кормовых растениях должно контролироваться особенно тщательно, так как кадмий в питании человека и животных представляет кумулятивный яд [4]. Изучение характера накопления кадмия показало, что максимальная концентрация – 0,07–0,10 мг/кг сухого вещества – обнаружена на удобренном фоне при обработке посевов довсходовым гербицидом. В остальных вариантах она в два-три раза ниже и не превышает максимально допустимый уровень (0,3 мг/кг).

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют, что на биохимический состав зеленой массы кукурузы в большей степени влияют минеральные удобрения, а регулятор роста циркон и гербициды не вызывают значительных изменений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багринцева В.Н. Адаптивная ресурсосберегающая технология возделывания кукурузы на зерно для Ставропольского края // Земледелие. – 2011. – № 2. – С. 17–19.

2. Багринцева В.Н., Букарев В.В., Варданян В.С. Эффективность применения удобрений под кукурузу // Кукуруза и сорго. – 2009. – № 3. – С. 9–11.

3. Бородавченко А.А., Дорожкина Л.А. Как снизить гербицидную нагрузку на ячмень // Защита и карантин растений. – 2006. – № 6. – С. 30.

4. Минеев В.Г. Агрохимия и биосфера. – М. : Колос, 1984. – 246 с.

5. Семина С.А. Продуктивность кукурузы в Пензенской области // Нива Поволжья. – 2009. – № 4(13). – С. 55–59.

6. Семина С.А. Эффективность систем удобрения при возделывании кукурузы в лесостепи Среднего Поволжья // Нива Поволжья. – 2012. – № 1. – С. 39–42.

7. Спиридонов Ю.А., Хохлов Г.С., Шестаков В.Г. Антидоты гербицидов // Агрохимия. – 2009. – № 5. – С. 81–89.

УДК 631.81: 631.813

БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ И ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКОГО ИНДЕКСА

© ***Н.А. Комарова***, *ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)*
© ***В.И. Комаров***, *ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)*
© ***А.В. Гришина***, *ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)*
© ***Т.А. Беликова***, *ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)*

BALANCE OF NUTRIENTS IN THE SOILS AND THE DYNAMICS OF A CHANGE OF THE VALUE OF THE SOIL-AGRO CHEMICAL INDEX

© ***N.A. Komarova***, *FGBU of TSAS "Vladimir" (Vladimir Russia)*
© ***V.I. Komarov***, *FGBU of TSAS "Vladimir" (Vladimir Russia)*
© ***A.V. Grishina***, *FGBU of TSAS "Vladimir" (Vladimir Russia)*
© ***T.A. Belikova***, *FGBU of TSAS "Vladimir" (Vladimir Russia)*

На основе результатов динамики основных агрохимических параметров различных типов почв сплошного агроэкологического мониторинга разработан баланс питательных элементов при различной интенсивности химизации. Выявлены параметры оптимальных агрохимических показателей серых лесных, дерново-подзолистых суглинистых и дерново-подзолистых супесчаных почв.

Ключевые слова: мониторинг, плодородие почв, элементы питания, экология, баланс.

The balance of nourishing elements with different intensity of chemicalization is developed on the basis of the results of the dynamics of the basic agrochemical parameters of different types of the soils of continuous agro-ecological monitoring. The parameters of the optimum agrochemical indices of gray forest, sod-podzolic loamy and sod-podzolic sandy loam soils are revealed.

Key words: monitoring, the fertility of soils, the elements of nourishment, ecology, the balance.

Критерием экологической безопасности системы применения удобрений, ее влияния на плодородие почв является баланс основных элементов питания, в т.ч. азота, фосфора, калия [1, 2]. Баланс элементов питания имеет свои особенности: азот отличается высокой подвижностью, калий характеризуется большими почвенными ресурсами, однако при экстенсивном ведении земледелия его содержание резко уменьшается. Поэтому калийные удобрения являются обязательным компонентом системы удобрения, а баланс калия служит важным показателем ее эффективности в деле сохранения и повышения плодородия почв [3]. Отчуждение фосфатов происходит главным образом с урожаем сельскохозяйственных культур [4].

Исследования в длительных опытах с дозами минеральных и органических удобрений показали, что высокая и стабильная урожайность сельскохозяйственных культур в условиях Владимирской области может быть получена при 100%-й компенсации расхода азота и калия и при возможном

превышении приходных статей баланса фосфора над расходными в 1,5-2 раза. Таким образом, интенсивность баланса, т.е. соотношение прихода и расхода должно быть по азоту, фосфору и калию 100–110, 150–200, 100 %, соответственно. Потенциал почвенного плодородия, наработанный в период интенсивной химизации производства, способствовал сохранению положительного баланса азота, фосфора, калия до 1991 года, а в последующие годы вынос стал превышать внесение в связи с уменьшением объемов применения удобрений.

В настоящее время остро стоит вопрос сохранения плодородия почв, в связи с резким сокращением применения минеральных удобрений. Превышение выноса над внесением питательных веществ даже при сокращении посевных площадей выросло уже в 1996 году по азоту в 2,8 раза, по фосфору в 3 раза и по калию в 4,4 раза, что указывает на истощение почвы. Интенсивность баланса находилась на уровне 40–50 % по азоту, 30–40 % по фосфору 20–25 % по калию (табл. 1). Как видно, процесс обеднения калием пашни в последние годы остаётся достаточно высоким. Формирование урожая происходит в основном за счет запасов элемента в почве. Отрицательный баланс питательных веществ неизбежно ведет к дальнейшему истощению почвы и, как следствие, снижению урожайности сельскохозяйственных культур в 2-3 раза. Плодородие почв при таком отрицательном балансе питательных веществ в ближайшие годы может достигнуть уровня пятидесятых годов, когда урожаи зерновых культур не превышали 7–8 ц/га, картофеля 60–80 ц/га, овощей – 70 ц/га.

Изменение уровня содержания питательных веществ в почвах тесно связано с объёмами применения минеральных удобрений. Резкое снижение темпов химизации сельскохозяйственного производства пока не привело к катастрофическому снижению плодородия почв. Это объясняется последействием ранее внесённых средств химизации и существенным сокращением определенной площади низко плодородных почв сельскохозяйственных угодий. Для условий нашей области на основании обобщения результатов опытов с удобрениями и разными сельхозкультурами, проведенными агрохимцентром, выявлены примерные параметры оптимальных агрохимических показателей серых лесных, дерново-подзолистых суглинистых и дерново-подзолистых супесчаных почв. Параметры плодородия почв определялись по содержанию гумуса, подвижных форм фосфора и калия, степени кислотности (табл. 2).

Таблица 2 – Оптимальные параметры агрохимических показателей по типам почв

Тип почвы	pH сол.	Содержание		
		гумуса, %	P_2O_5	K_2O
			мг/кг почвы	
Серые лесные	5,9-6,0	2,8-3,0	180-200	170-180
Дерново-подзолистые суглинистые	5,8-5,9	1,8-2,5	170-180	160-180
Дерново-подзолистые супесчаные	5,5-5,6	1,6-1,8	160-170	150-160

Таблица 1 – Баланс и относительный дефицит основных питательных веществ в земледелии Владимирской области, в расчете на 1 га пахотной земли (за период 1991–2010 гг.)

Показатель	Питательные вещества	1991	1992	1993	1994	1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010
Вынос питательных веществ с урожаем с/х культур с 1 га/кг	N	62	45	74	88	69	72	67	72
	P_2O_5	23	17	30	34	27	28	26	28
	K_2O	60	44	67	81	63	65	60	63
	Всего	143	106	171	203	159	165	153	162
Приход с органическими и минеральными удобрениями на 1 га/кг	N	91	86	62	40	28	31	27	34
	P_2O_5	66	66	38	17	11	10	8	11
	K_2O	83	83	56	28	17	15	12	18
	Всего	240	235	156	85	56	56	47	63
Баланс +/-	N	+ 29	+ 41	- 12	- 48	- 41	- 41	-40	-38
	P_2O_5	+ 43	+ 49	+ 8	- 17	- 16	-18	-18	-17
	K_2O	+ 23	+ 39	- 11	- 53	- 46	- 50	-48	-45
	Всего	+ 95	+ 129	- 15	- 118	- 103	- 109	-106	-99
Уровень возмещения, %, при рекомендуемом 100 %	N	+ 147	+ 191	- 84	- 45	- 41	- 43	-40	-47
	P_2O_5	+ 287	+ 388	+ 127	- 50	- 41	- 36	-31	-39
	K_2O	+ 138	+ 189	- 84	- 35	-27	- 23	-20	-29
	Всего	+ 168	+ 222	- 91	- 42	- 35	- 34	-31	-39

Достижение таких показателей агрохимических свойств почв позволило бы получать урожай зерновых (ц/га): на серых лесных – 30–-35, на дерново-подзолистых суглинистых – 25–28, на дерново-подзолистых супесчаных – 20–22. Однако фактические агрохимические показатели ниже оптимальных параметров, особенно по содержанию гумуса. Для восстановления запасов питательных веществ потребуется гораздо больше времени, усилий и средств, чем для поддержания их содержания на оптимальном уровне.

Минеральные удобрения служат важным фактором улучшения экологической ситуации в сельском хозяйстве: при их научно-обоснованном и рациональном применении улучшаются физико-химические свойства почв, повышаются продуктивность и качество продукции сельскохозяйственных культур; слабее проявляются эрозионные процессы; возрастает устойчивость растений к неблагоприятным погодным условиям и поражению различными болезнями; снижается поступление тяжелых элементов в растения.

При установлении необходимости применения удобрений обычно руководствуются экономическими расчетами. Однако не следует забывать о том, что научно-обоснованное использование удобрений является важным фактором, оказывающим положительное влияние на природную среду [5]. Систематическое грамотное внесение удобрений повышает почвенное плодородие, а значит, способствует выполнению почвой ее экологических функций. Методика и технология общей почвенно-экологической оценки и бонитировки почв [6] позволяет определить почвенно-экологические показатели конкретного поля и дает сопоставимые результаты на единой основе для всей территории. Оценка уровня плодородия почв, полученная на ос-

нове этой методики, позволяет более рационально применять удобрения. Необходимо отметить, что данные, полученные нами по величине почвенно-экологических индексов (ПЭИ), определены без учета уровня загрязнения территории радиоактивными веществами.

Это обусловлено не только тем, что в формуле расчета показателя не учтены поправочные коэффициенты на уровни загрязнения территории, а прежде всего потому, что содержание в почвах реперных участков области радиоактивных веществ не превышает фоновых значений и не может повлиять на величину почвенно-экологического индекса. Естественно, что при загрязнении почв уровень плодородия и, следовательно, величина ПЭИ будут снижаться.

Данные показывают, что величина ПЭИ сильно различается на разных реперных участках и колеблется в пределах от 33,4 до 86,6 балла. Наиболее высокая величина этого показателя наблюдается на серой лесной среднесуглинистой почве Суздальского района, что свидетельствует о более высокой величине агрохимического показателя по сравнению с аналогичными почвами на других участках (№ 2, 3, 4, 16, 19, 30, 31, 34). На песчаных и супесчаных почвах, как правило, величина ПЭИ значительно ниже. Такой метод дает возможность количественно оценить экологическую нагрузку конкретных угодий и земельных участков.

Данные мониторинга с 1993 по 2011 год показывают, что на реперных участках в ряде районов плодородие почв ниже уровня средней окультуренности, неудовлетворительное состояние дерново-подзолистых пахотных почв по содержанию подвижных форм калия. Так, в Судогодском, Гусь-Хрустальном, Селивановском, Меленковском, Муромском, Петушинском, Ковровском, Вязниковском районах содержание калия в пахотных почвах реперных участков характеризуется низкой степенью обеспеченности – от 63 до 89 мг/ кг почвы. ПЭИ учитывает тип и механический состав почвы, основные агрохимические показатели, степень загрязнения почв токсикантами, климатические условия. Изменение величины ПЭИ в процессе использования почв служит показателем уровня плодородия почв в общей культуре земледелия. Оценка почв по системе ПЭИ выявила устойчивую тенденцию к его снижению (табл. 3).

Таблица 3 – Динамика изменения почвенно-экологического индекса почв Владимирской области

№ реп. участка	Года исследований													
	1993		1998		2000		2003		2005		2007		2010	
	А	ПЭИ	А	ПЭИ	А	ПЭИ	А	ПЭИ	А	ПЭИ	А	ПЭИ	А	ПЭИ
	Серые лесные почвы													
3	1,25	68,0	1,10	57,5	1,14	56,7	1,05	52,0	1,01	52,7	1,00	52,3	1,00	52,3
4	1,20	71,2	1,14	65,2	1,25	74,0	1,20	68,6	1,20	73,2	1,28	79,6	1,28	79,6
5	1,39	82,5	1,33	76,0	1,29	70,4	1,29	70,2	1,29	70,4	1,23	70,4	1,29	76,7
6	1,19	70,6	1,19	68,0	1,19	64,7	1,19	64,8	1,09	59,5	1,22	72,6	1,17	71,1
16	1,15	50,5	1,13	54,6	1,25	66,5	1,19	63,4	1,15	57,9	1,16	61,6	1,15	61,1
19	1,29	74,5	1,33	75,5	1,34	76,8	1,39	82,5	1,39	79,6	1,29	78,8	1,29	78,8
30	1,23	67,0	1,19	62,2	1,14	59,8	1,16	60,6	1,25	65,2	1,20	59,5	1,14	56,7
31	1,30	60,0	1,20	51,7	1,16	53,3	1,16	50,0	1,15	49,5	1,16	57,2	1,16	53,5
34	1,29	75,2	1,24	72,3	1,24	71,2	1,16	72,0	1,20	68,7	1,20	74,6	1,20	73,2
Среднее	1,25	68,8	1,21	64,8	1,22	65,9	1,20	64,9	1,19	64,1	1,19	67,4	1,19	67,0

Окончание таблицы 3

№ реп. участка	Года исследований													
	1993		1998		2000		2003		2005		2007		2010	
	А	ПЭИ	А	ПЭИ	А	ПЭИ	А	ПЭИ	А	ПЭИ	А	ПЭИ	А	ПЭИ
Дерново-подзолистые суглинистые почвы														
7	1,47	58,9	1,22	48,8	1,24	49,3	1,24	49,7	1,24	48,4	1,24	48,4	1,24	49,3
8	1,47	58,9	1,32	52,9	1,24	49,7	1,27	50,9	1,20	48,0	1,24	49,7	1,24	49,7
9	1,24	49,6	1,17	46,8	1,13	45,1	1,08	43,3	1,08	43,3	1,11	44,5	1,08	43,1
10	1,32	40,7	1,32	40,7	1,32	40,7	1,24	38,2	1,24	38,3	1,24	38,3	1,17	36,0
11	1,24	48,4	1,24	49,2	1,13	42,8	1,20	45,6	1,20	43,9	1,24	47,2	1,32	50,2
13	1,47	49,1	1,32	50,1	1,40	51,3	1,32	48,3	1,32	48,1	1,20	43,8	1,20	46,8
14	1,40	56,1	1,40	56,1	1,40	56,1	1,32	52,9	1,24	49,7	1,32	52,7	1,32	52,7
17	1,40	56,1	1,40	56,1	1,40	56,1	1,28	51,3	1,28	51,1	1,20	48,1	1,20	48,1
20	1,32	48,3	1,24	45,3	1,20	43,9	1,20	43,9	1,20	41,8	1,08	39,3	1,15	43,5
21	1,24	47,1	1,32	51,5	1,24	48,5	1,32	51,5	1,24	49,8	1,24	48,5	1,24	49,8
22	1,40	54,6	1,32	52,4	1,20	45,5	1,20	43,9	1,13	41,2	1,14	41,9	1,14	41,9
23	1,42	51,9	1,24	45,3	1,32	48,4	1,32	48,3	1,24	43,3	1,13	42,8	1,13	41,2
26	1,29	43,1	1,02	34,1	1,02	39,6	0,94	36,7	1,08	37,5	1,08	37,5	0,94	36,7
27	1,20	48,0	1,20	47,6	1,13	44,0	1,02	38,7	0,94	36,6	0,87	33,9	0,87	33,9
28	1,14	41,7	1,18	43,1	1,18	41,0	1,27	46,4	1,27	46,5	1,20	43,8	1,00	34,8
33	1,4	51,2	1,40	46,8	1,24	45,4	1,24	45,3	1,21	42,1	1,20	41,7	1,11	38,7
35	1,32	52,9	1,13	44,1	1,13	45,1	1,17	44,4	1,13	44,0	1,04	38,1	1,04	39,6
36	1,43	56,8	1,38	53,8	1,43	56,7	1,38	50,5	1,38	53,8	1,38	55,2	1,38	55,2
Среднее	1,34	50,8	1,27	48,0	1,24	45,5	1,22	46,1	1,20	44,3	1,18	44,2	1,15	46,4
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные почвы														
1	1,52	79,0	1,52	78,5	1,52	74,9	1,52	74,9	1,52	79,0	1,52	79,0	1,52	79,0
12	1,42	67,4	1,27	60,2	1,32	62,5	1,28	57,8	1,28	60,6	1,20	59,0	1,20	54,2
15	1,35	56,6	1,35	59,8	1,42	62,7	1,35	62,3	1,29	65,0	1,28	58,9	1,28	58,9
18	1,43	64,6	1,33	60,1	1,38	62,3	1,32	57,2	1,27	57,4	1,29	58,5	1,27	55,1
24	1,35	55,5	1,13	49,0	1,20	49,3	1,20	49,3	1,15	44,0	1,00	40,9	1,00	40,9
25	1,23	58,3	1,32	62,6	1,18	55,8	1,23	58,3	1,18	57,9	1,22	57,8	1,22	60,0
37	1,28	63,0	1,22	60,1	1,27	62,6	1,32	62,6	1,24	61,2	1,17	55,4	1,17	57,5
Среднее	1,37	63,5	1,31	61,5	1,33	61,4	1,31	60,3	1,28	60,7	1,24	58,4	1,24	57,9
Луговые и пойменные почвы														
2	1,39	60,3	1,29	45,4	1,24	43,9	1,24	51,0	1,32	54,1	1,28	45,0	1,22	46,8
29	1,20	54,2	1,09	47,3	1,05	43,2	1,10	45,2	1,15	47,1	1,12	46,2	1,08	51,2
32	1,02	51,3	0,90	41,5	0,94	43,4	0,84	38,7	0,90	40,9	0,95	42,1	0,95	49,1
Среднее	1,20	55,3	1,09	44,7	1,08	43,5	1,06	44,9	1,12	47,4	1,12	44,4	1,08	49,0
Сред. по обл.	1,29	59,6	1,22	54,8	1,22	54,1	1,20	54,1	1,20	54,0	1,18	53,6	1,17	52,6

Так, за 1993–2010 годы итоговый агрохимический показатель (А) в среднем по области снизился с 1,31 до 1,24. Величина ПЭИ, вследствие сокращения объемов агрохимических работ, также имеет устойчивую тенденцию к уменьшению с 58,2 в 1993 году до 54,1 в 2010 году, что свидетельствует о снижении плодородия почв области (табл. 4, рис. 1).

Таблица 4 – Динамика показателей плодородия и безопасности почв реперных участков (1993–2010 гг.)

Агрохимический показатель А		Почвенно-экологический индекс ПЭИ		Суммарный показатель загрязнения Zc		Коэффициент загрязнения $К_з$	
1993	2010	1993	2010	1993	2010	1993	2010
Серые лесные почвы							
1,25	1,22	70,6	65,9	1,30	1,08	0	0
Дерново-подзолистые суглинистые почвы							
1,37	1,33	63,5	61,4	1,61	1,45	0	0
Дерново-подзолистые супесчаные и песчаные почвы							
1,34	1,24	50,5	47,2	1,48	1,90	0	0
Пойменные почвы							
1,20	1,08	55,3	43,5	2,11	2,61	0,3	0,3
В среднем							
1,31	1,24	58,2	54,1	1,51	1,67	0	0

Кз – коэффициент загрязнения практически всех типов почв области за все годы исследований равняется 0, что характеризует как допустимую степень загрязнения почв, лишь в отдельные годы в пробах пойменных почв Кз в среднем равняется 0,3, что свидетельствует о слабой степени загрязнения.

Во Владимирской области, как и в целом по России, уменьшается площадь пашни на одного человека, постоянно сокращается доля сельских жителей. На этом фоне в ближайшем будущем остро встает проблема обеспечения людей достаточным количеством продовольствия – одной из важнейших составных частей экологии человека. Поэтому без интенсификации сельскохозяйственного производства проблему увеличения продуктивности земледелия решить невозможно. В связи с вышесказанным, грамотному применению средств химизации для поддержания и воспроизводства плодородия почв с учетом климатических условий конкретного региона для достижения наивысшей эффективности применения удобрений в обозримом будущем альтернативы нет. При этом необходимо соблюдение правил охраны окружающей среды.

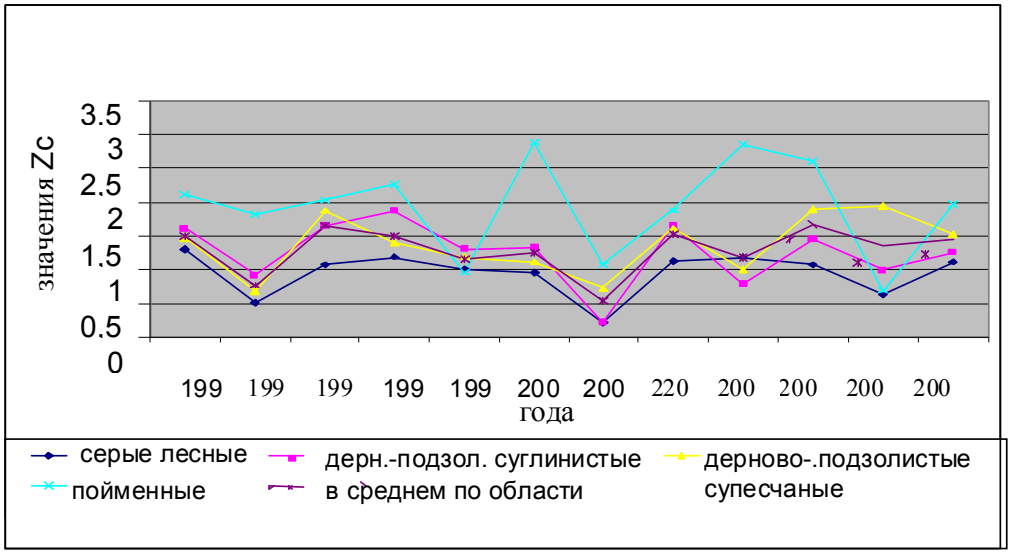


Рисунок 1 – Динамика изменения Zc

Динамика основных агрохимических параметров различных типов почв Владимирской области по данным сплошного агроэкологического мониторинга, несмотря на малое вложение энергии в сельскохозяйственное производство (низкую насыщенность удобрениями и химическими мелиорантами), деградационные процессы развиваются достаточно медленно. Причем в отношении практически всех рассматриваемых показателей в последние годы наблюдалась относительная стабилизация их значений.

Аналогичная ситуация отмечается и в масштабах всей страны. Наблюдаемые факты в ряде случаев служат основанием для недооценки роли удобрений в формировании питательного режима почвы. Однако при этом не учитывается, что имеющийся уровень плодородия сложился за счет длительного окультуривания почвы, протекавшего несколько десятилетий. В результате почвы приобрели свойства, существенно отличающие их от целинных аналогов, и достигли некоего равновесия.

Поскольку почва является высоко буферной системой, для того чтобы вывести ее из равновесного состояния, нужно не менее мощное воздействие. При существующей системе хозяйствования подобное рано или поздно произойдет, тогда резкое падение продуктивности земель может приобрести масштабы национальной катастрофы. В связи с этим при составлении прогноза изменения плодородия почв во времени следует учитывать не только динамику их показателей, но и законы развития сложных систем. Кроме этого, при описании динамики агрохимических характеристик в перечень контролируемых показателей целесообразно включить не только подвижные формы элементов питания, но и их валовое содержание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замараев А.Г., Савич В.И., Сычёв В.Г. Энергомассообмен в звене полевого севооборота. Ч. 2. Баланс вещества, энергии и информации в звене полевого севооборота на дерново-подзолистых почвах. – М. : ВНИИА, 2005. –336 с.

2. Шпаар Д., Захаренко А.В., Якушев В.П. Точное сельское хозяйство (precision agriculture). – СПб. – Пушкин, 2009. – 400 с.

3. Гетманец А.Я., Пашова В.Т., Турчин В.В. Баланс питательных элементов в интенсивных севооборотах в Степной зоне УССР // Повышение плодородия почв и продуктивности сельского хозяйства при интенсивной химизации. – М. : Наука, 1983. – С. 192–195.

4. Яговенко Г.А. Фосфатный режим серой лесной почвы в севооборотах с люпином // Агрохимический вестник. – 2010. – № 3. – С. 9–11.

5. Исаченко А. Г. Оптимизация природной среды. – М., 1980. – 264 с.

6. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефремов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв. – М. : Агропромиздат, 1991. – 304 с.

УДК 635.132 + 631.81.095.337

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ СТОЛОВОЙ МОРКОВИ

© ***Д.Н. Стихарева***, *ФГБУ ВПО "Пензенская ГСХА" (г. Пенза, Россия)*

© ***Ю.В. Корягин***, *ФГБУ ВПО "Пензенская ГСХА" (г. Пенза, Россия)*

© ***В.А. Иванова***, *ФГБУ ВПО "Пензенская ГСХА" (г. Пенза, Россия)*

INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF TABLE CARROT – ROOTS

© ***D. N. Stikhareva***, *Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education " Penza State Agricultural Academy" (Penza, Russia)*

© ***J. V. Koryagin***, *Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education " Penza State Agricultural Academy" (Penza, Russia)*

© ***V. A. Ivanova***, *Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education " Penza State Agricultural Academy" (Penza, Russia)*

В статье приведены результаты исследований по изучению комплексных микроудобрений в хелатной форме, направленных на улучшение биохимического состава корнеплодов столовой моркови сортов Нантская 4 и Королева осени в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Установлено, что под действием используемых факторов улучшаются биохимические показатели качества корнеплодов столовой моркови, в частности увеличивается содержание водорастворимых углеводов, каротина, микроэлементов, наблюдается снижение нитратов, тяжелых металлов.

Ключевые слова: столовая морковь, макро- и микроудобрения, биохимический состав, нитраты, тяжелые металлы, каротин, водорастворимые сахара, микроэлементы.

The results of investigations on studying of complex microfertilizers in chelate form, directed on the improvement of biochemical composition of table carrot-roots of sorts Nantskaya 4 and Koroleva of autumn under the conditions of forest-steppe of Middle Volga Region are given.It is stated, that under the influence of applicated factors the biological characteristics of table carrot-roots are getting better, the content of water – soluble carbohydrates, carotene ($C_{40}H_{56}$), microelements is raising, content of nitrates, heavy metals is reducing.

Key words: table carrot – roots, macrofertilizers and microfertilizers, biochemical composition, nitrates, heavy metals, carotene ($C_{40}H_{56}$), water – soluble sugar, microelements.

E-mail: d.ctix@yandex.ru; koryagin.yurij@mail.ru

Исследование биохимического состава растений является одной из важнейших задач в агрономии, так как вещества, входящие в состав сельскохозяйственных культур, тесно связаны с химическими превращениями, происходящими в процессе жизнедеятельности растительных организмов [1, 4, 6, 9, 11, 12]. В настоящее время изучение биохимического состава растений и протекающих в них биохимических процессов имеет большую значимость для растениеводства в целом и ряда других отраслей пищевой промышленности. В современных условиях одной из ключевых задач является производство экологически чистой продукции растениеводства, в том числе корнеплодов столовой моркови [1–6, 17].

Для получения экологически чистого продукта корнеплодов столовой моркови на проводимых опытах исследовалось влияние макро- и микроудобрений на содержание нитратов, тяжелых металлов, микроэлементов, каротина и водорастворимых сахаров. Дозы применяемых удобрений рассчитаны с учетом биохимического состава корнеплода, биологических особенностей с учетом основного критерия получения исходного продукта с оптимальными показателями по содержанию нитратов, тяжелых металлов, микроэлементов, сахаров и каротина.

Исследования проводили в правобережной части лесостепной зоны Среднего Поволжья (Пензенская область) в течение 2010–2012 гг. на лугово-черноземной почве. Пахотный слой почвы перед закладкой опыта характеризовался следующими показателями: содержание гумуса 5,6 %; $pH_{сол}$ – 5,6; обеспеченность подвижным фосфором – средняя; калием – высокая; молибденом, бором, марганцем, медью, цинком и кобальтом – низкая. Климат района исследований умеренно континентальный со среднемноголетней температурой 3,4 °С и среднемноголетней суммой осадков 450 мм в год. Гидротермический коэффициент колеблется от 0,4 до 1,7.

Опыт закладывался на трех уровнях удобренности: $N_0P_0K_0$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, и $N_{90}P_{90}$ K_{90}. Инокуляцию семян моркови проводили микроудобрениями Микромак и Аквамикс, а Микроэл применялся при внекорневой подкормке. Объектом исследования является столовая морковь следующих сортов: Нантская 4 и Королева осени. Агротехника возделывания моркови применялась общепринятая для черноземных почв лесостепи Среднего Поволжья.

Опыт проводился в следующих вариантах: 1 – обработка семян водой; 2 – обработка семян Микромаком (1,5 мл/кг семян); 3 – обработка семян Аквамиксом (1 г/кг семян); 4 – обработка семян Микромаком (1,5 мл/кг семян) + внекорневая подкормка Микроэлом; 5 – обработка семян аквамиксом (1 г/кг семян) + внекорневая подкормка Микроэлом; 6 – обработка семян Микромаком (1,5 мл/кг семян) + обработка семян Аквамиксом (1 г/кг семян) + внекорневая подкормка Микроэлом. Повторность опыта шестикратная, размещение – рендомензированное, площадь делянок 10 м^2, учетная площадь 8 м^2.

По изученным литературным источникам известно, что все три микроудобрения (Аквамикс, Микромак и Микроэл), применяемые в наших исследованиях, способствуют увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, ускоряют появление всходов, повышают полевую всхожесть на 10–15 %, формируют мощную корневую систему, улучшают качество сельскохозяйственной продукции на 2–4 % по клейковине, обеспечивают 30-40 кг/га биологического азота через инициацию и активизацию азотфиксации. Увеличивают коэффициент использования внесенных минеральных удобрений на 15–20 %, повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам: болезням, низким температурам, улучшают перезимовку озимых культур – снижают процент гибели в 1,5-2 раз. А также снижают стрессы, вызванные пестицидами и неблагоприятными условиями погоды (засуха, заморозки, повышенная влажность), активизируют иммунитет, снижают содержание нитратов в плодах и овощах, а также имеют универсальный состав для большинства агрокультур [5, 13].

Необходимо отметить, что Микромак, по сравнению с другими микроудобрениями, содержит V – 0,08 % и P – 0,9 %. Ванадий обладает антиоксидантными свойствами, участвует в регулировании баланса натрия и калия, что очень важно для саморегуляции водного баланса и адаптации растений к внешним условиям [13, 14].

Фосфор необходим растению на самых ранних этапах его жизни, ускоряет переход от вегетативного роста к генеративному развитию, имеет большое значение для формирования и созревания семян, благоприятно влияет на скорость и мощность развития корневой системы, что помогает растению полнее использовать запасы влаги в почве при засухе; повышает устойчивость растений к низким температурам, а при его недостатке растения не получают должного развития [9, 15], также способствует передвижению углеводов по растению.

Азот – основной макроэлемент в жизнедеятельности растений, который образуется в нитритах, нитратах, аммонийных видах азота. Нитраты являются важным элементом питания растений, так как в них входит азот – основной строительный материал, но для растительного организма необходим аммонийный азот, из которого строятся молекулы аминокислот, а затем белки. Следовательно, нитратный азот всегда есть в растительной продукции. Поэтому проблема не в наличии нитратов, а в их количестве и концентрации [3, 8, 10, 16].

При правильном применении минеральных удобрений, их соотношении, а также при соблюдении агротехнических приемов, сроков внесения наблюдается снижение нитратов в получаемой продукции [7, 10, 17].

В урожае основной продукции столовой моркови сортов Нантская 4 и Королева осени, убранной после первого сентября, уровень нитратов во всех изучаемых вариантах не превышает ПДК. Предельно допустимая концентрация у моркови равна 250 мг/кг.

Установлено наименьшее содержание нитратов в корнеплодах моркови у сорта Нантская 4 в варианте при инокуляции семян микромаком без основных удобрений, которое составило 25,7 мг/кг, что на 10,2 мг/кг меньше контрольного варианта, а при обработке семян моркови аквамиксом – 28,2 мг/кг, что на 7,7 мг/кг меньше контроля.

В варианте предпосевной обработки семян столовой моркови сорта Нантская 4 микромаком и микроэлом концентрация нитратов равна 27,5 мг/кг, а при совместной инокуляции семян аквамиксом и внекорневой обработке микроэлом и в варианте при применении всех микроудобрений: микромак, аквамикс, микроэл, нитратная нагрузка ниже на 7,4 мг/кг, чем в контрольном варианте первого фона $N_0P_0K_0$. На фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$ наблюдается небольшое увеличение нитратов по сравнению с первым фоном, а в варианте при совместном применении микроудобрений микромак, микроэл и аквамикс на фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$ концентрация минерального азота меньше на 9,2 мг/кг, чем в контрольном варианте того же фона. Аналогичная динамика содержания нитратов наблюдается у сорта Королева осени второго фона. В третьем фоне, где $N_{90}P_{90}K_{90}$, контрольный вариант равен 84,5 мг/кг нитра-

тов у сорта Нантская 4, у сорта Королева осени концентрация нитратов равна 80,6 мг/кг, что превышает контрольный вариант первого и второго фонов, но остается ниже уровня ПДК (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние микроудобрениями на качество корнеплодов столовой моркови, 2010 – 2012 гг.

Вариант опыта	Содержание нитратов, тяжелых металлов в корнеплодах, мг/кг					
	Сорт					
	Нантская 4			Королева осени		
	нитраты	Pb	Cd	нитраты	Pb	Cd
$N_0P_0K_0$ (Фон 1)						
Вода (контроль)	35,9	0,31	0,021	33,7	0,31	0,018
Микромак	25,7	0,31	0,019	25,6	0,29	0,020
Аквамикс	28,2	0,29	0,017	28,6	0,27	0,019
Микромак + Микроэл	27,5	0,30	0,014	26,5	0,27	0,018
Аквамикс + Микроэл	28,5	0,27	0,014	29,9	0,25	0,017
Микромак + Аквамикс + Микроэл	28,5	0,30	0,010	28,5	0,28	0,007
$N_{45}P_{45}K_{45}$ (Фон 2)						
Вода (контроль)	76,6	0,33	0,026	68,6	0,34	0,027
Микромак	64,5	0,31	0,024	64,5	0,31	0,023
Аквамикс	66,2	0,29	0,024	65,3	0,29	0,023
Микромак + Микроэл	64,5	0,29	0,021	63,9	0,29	0,021
Аквамикс + Микроэл	65,7	0,29	0,018	64,1	0,29	0,021
Микромак + Аквамикс + Микроэл	67,4	0,27	0,018	64,8	0,27	0,020
$N_{90}P_{90}K_{90}$ (Фон 3)						
Вода (контроль)	84,5	0,35	0,028	80,6	0,35	0,028
Микромак	76	0,33	0,026	65,6	0,33	0,026
Аквамикс	77,4	0,32	0,025	66	0,32	0,025
Микромак + Микроэл	77,1	0,31	0,025	65,1	0,31	0,025
Аквамикс + Микроэл	77,8	0,31	0,026	65,7	0,31	0,026
Микромак + Аквамикс + Микроэл	75,7	0,30	0,025	65,3	0,30	0,025
ГОСТ 30178–96 ПДК	250	0,5	0,03	250	0,5	0,03

Таким образом, применение минеральных удобрений увеличивает содержание нитратов, но микроудобрения снижают нитратную нагрузку и положительно влияют на качество получаемой продукции моркови. Концентрацию нитратов товарной продукции моркови можно снизить путем ее переработки.

Одним из критериев оценки качества продукции является содержание в них тяжелых металлов. Поэтому снижение содержания тяжелых металлов в продуктах питания необходимо, так как они опасны для здоровья человека при высокой их концентрации. Наиболее распространенными являются: свинец, кадмий, ртуть, мышьяк, хром [16, 17].

По данным В.В. Бузмакова и Н.Н. Новикова, наличие кадмия в почве на уровне 5 мг/кг наполовину снижает продуктивность сельскохозяйственных культур. В фосфорных удобрениях кадмий присутствует в подвижном состоянии и легко доступен возделываемым культурам. Поэтому наблюдается небольшое содержание его в корнеплодах столовой моркови, но не превышает предельно допустимую концентрацию [10, 13, 17].

В настоящее время должное внимание уделяется содержанию в продуктах питания свинца. В наших исследованиях (табл. 2) накопление свинца в товарной продукции моркови не превышает ПДК. Таким образом, применение минеральных удобрений и микроудобрений повлияло на снижение содержания тяжелых металлов в корнеплодах моркови, которое остается ниже предельно допустимой концентрации.

Таблица 2 – Влияние инокуляции семян микроудобрениями на содержание микроэлементов в корнеплодах столовой моркови, 2010 – 2012 гг.

Вариант опыта	Содержание микроэлементов в корнеплодах, мг/кг					
	Сорт					
	Нантская 4			Королева осени		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
$N_0P_0K_0$ (Фон 1)						
Вода (контроль)	2,8	0,98	1,61	1,6	0,37	1,50
Микромак	3,7	0,96	1,64	2,6	0,59	1,78
Аквамикс	3,1	0,50	1,64	2,1	0,34	1,3
Микромак + Микроэл	3,5	0,92	1,87	2,3	0,58	1,81
Аквамикс + Микроэл	3,1	0,40	1,70	2,5	0,45	1,67
Микромак + Аквамикс + Микроэл	3,5	0,81	1,62	2,5	0,55	1,81
$N_{45}P_{45}K_{45}$ (Фон 2)						
Вода (контроль)	2,7	0,96	1,67	2,6	0,44	1,54
Микромак	3,2	1,10	1,80	3,1	0,68	1,70
Аквамикс	3,0	1,01	1,78	2,9	0,58	1,65
Микромак + Микроэл	3,3	1,17	1,80	3,2	0,60	1,78
Аквамикс + Микроэл	3,1	1,13	1,81	3,0	0,60	1,69
Микромак+ Аквамикс + Микроэл	3,4	1,18	1,83	3,3	0,66	1,83
$N_{90}P_{90}K_{90}$ (Фон 3)						
Вода (контроль)	3,0	1,11	1,68	2,9	0,54	1,50
Микромак	3,2	1,18	1,86	3,1	0,68	1,62
Аквамикс	3,1	1,17	1,82	3,0	0,62	1,59
Микромак + Микроэл	3,2	1,18	1,89	3,1	0,65	1,71
Аквамикс + Микроэл	3,2	1,17	1,86	3,1	0,63	1,67
Микромак+ Аквамикс + Микроэл	3,3	1,19	1,90	3,2	0,69	1,74

В.С. Дьяченко, Н.Н. Новиков и Л. Котова в своих работах отмечали, что для снижения тяжелых металлов необходимо проводить следующие профилактические мероприятия: в севообороте выращивать многолетние культуры, сидераты, проводить зяблевую вспашку, известкование кислых почв, внесение органических удобрений. Содержание тяжелых металлов в овощных культурах также можно снизить при кулинарной обработке [2, 8, 10].

Применение исследуемых минеральных удобрений оказало незначительное влияние на состав содержания микроэлементов во всех вариантах опыта по сравнению с контрольным (табл. 2). Содержание меди в корнеплодах сортов Нантская 4 и Королева осени во всех вариантах на фоне без минеральных удобрений незначительное по сравнению с контролем. Аналогичная динамика наблюдается на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$. Во всех вариантах по сравнению с контрольным на фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$, где проводилась совместная обработка семян моркови микроудобрениями микромак и аквамикс с внекорневой подкормкой микроэл, выявлено, что содержание меди больше контрольного варианта на 0,22 мг/кг.

Использование микроудобрений также положительно повлияло на содержание микроэлемента цинка в полученной продукции. На варианте при обработке семян моркови микромаком на фоне без внесения NPK у Нантской 4 концентрация цинка равна 3,7 мг/кг, что на 0,9 мг/кг больше контрольного варианта, у сорта Королева осени данный вариант превышает контрольный на 1 мг/кг, что ниже ПДК. На фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$ наличие цинка у обоих сортов в варианте совместного использования микромака, аквамикса, микроэла превысило контрольный на 0,7 мг/кг. Фон $N_{90}P_{90}K_{90}$ на содержание цинка в корнеплодах моркови сортов Нантская 4 и Королева осени повлиял незначительно по сравнению с контрольным вариантом. Изменение

концентрации цинка наблюдается во всех вариантах, как на втором, так и на третьем фонах по сравнению с первым фоном.

Марганец при выращивании сельскохозяйственных культур оказывает прямое действие на рост и развитие растений, на их химический состав. [1, 2, 14, 17]. Поэтому нами были проведены исследования на содержание марганца в корнеплодах столовой моркови, которые показали (табл. 2), что концентрация марганца по фонам имеет небольшие отличия. Однако микроудобрения положительно повлияли на содержание данного микроэлемента. Наибольшее содержание марганца наблюдается в варианте при совместной инокуляции семян моркови микромаком и аквамиксом с внекорневой обработкой микроэлом на всех трех фонах.

По результатам исследований эффективное использование микроудобрений микромак, аквамикс и микроэл положительно повлияло на качество корнеплодов моркови, а именно на содержание микроэлементов, которые играют важную роль в биохимических процессах растений.

Накопление количества сахаров в корнеплодах моркови в большей степени зависит не только от агроклиматических условий, но и от обеспеченности элементов питания [2, 9]. Поэтому в наших исследованиях на фоне $N_{90}P_{90}K_{90}$ наблюдается снижение содержания водорастворимых углеводов в корнеплодах моркови. Незначительные дозы азота мало изменяют сахаристость корнеплодов, что прослеживается на фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$. Большое влияние на содержание сахаров оказывают микроудобрения, которые содержат элементы в хелатной форме.

Экспериментальные исследования на опытах показали (табл. 3), что на неудобренном фоне у моркови сорта Нантская 4 в варианте при использовании микромака содержание водорастворимых углеводов на 2,67 % больше, чем в контрольном. Наибольшее количество сахаров наблюдалось в варианте при совместном использовании микромака, аквамикса и микроэла на фоне без удобрений и составило 62,56 %. Аналогичная тенденция прослеживается на концентрацию сахаров у моркови сорта Королева осени.

Большое значение для моркови имеет содержание каротина (провитамина А). Каротиноиды присутствуют практически во всех органах и тканях растений и выполняют важные биохимические функции [2, 9, 14]. На фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$ в среднем за годы исследований прибавка каротина от этих систем удобрения у сорта Нантская 4 и Королева осени составили 3,0–18,0 и 3,0–9,1 мг/кг по отношению к контролю на неудобренном фоне (табл. 3). Исследованиями многих ученых установлено, что фосфорные удобрения на содержание каротина почти не оказывают существенного влияния. Умеренные дозы калия не изменяют содержания каротиноидов в растениях, а высокие дозы снижают, что характерно для фона $N_{90}P_{90}K_{90}$ у обоих сортов моркови.

Таблица 3 – Влияние минерального питания на содержание каротина и водорастворимых углеводов в корнеплодах столовой моркови, 2010 – 2012 гг.

Вариант опыта	Сорт			
	Нантская 4		Королева осени	
	каротин, мг/кг	водорастворимые углеводы, %	каротин, мг/кг	водорастворимые углеводы, %
$N_0P_0K_0$ (Фон 1)				
Вода (контроль)	38,7	58,63	75,7	50,43
Микромак	54,3	61,3	82,7	50,45
Аквамикс	45,0	60,83	77,7	50,48
Микромак + Микроэл	49,0	60,58	82,9	54,47
Аквамикс + Микроэл	48,7	59,75	80,1	52,22
Микромак + Аквамикс + Микроэл	49,0	62,56	82,3	54,99
$N_{45}P_{45}K_{45}$ (Фон 2)				
Вода (контроль)	41,7	59,14	78,7	49,13
Микромак	56,7	61,15	84,3	51,22
Аквамикс	55,3	60,3	81,3	50,61
Микромак + Микроэл	56,4	60,45	84,8	50,74
Аквамикс + Микроэл	55,9	60,07	82,7	50,21
Микромак + Аквамикс + Микроэл	56,4	62,55	83,3	50,93
$N_{90}P_{90}K_{90}$ (Фон 3)				
Вода (контроль)	31,0	55,77	69,7	48,08
Микромак	35,3	56,05	71,7	49,31
Аквамикс	34,0	55,98	71,3	48,70
Микромак + Микроэл	38,7	56,20	73,0	49,78
Аквамикс + Микроэл	37,0	56,11	72,0	49,13
Микромак + Аквамикс + Микроэл	41,0	56,24	73,0	49,39

В результате проведенного исследования установлено, что действие микроудобрений может основываться на закономерностях изменения содержания каротина в корнеплодах моркови. Выявлено, что при недостатке микроэлементов количество каротиноидов уменьшается. В то же время, во всех вариантах при использовании микроудобрений микромак, аквамикс, микроэл, содержащих элементы в хелатной форме, наблюдается увеличение каротина. Отмечено наибольшее содержание каротина в корнеплодах моркови у сорта Нантской 4 и Королевы осени в варианте при инокуляции семян микромаком на фоне $N_{45}P_{45}K_{45}$ – 56,7 и 84,3 мг/кг, соответственно.

На основании данных показателей исследований биохимического анализа установлено, что применение комплексных водорастворимых удобрений способствовало увеличению накопления каротина и водорастворимых углеводов.

Полученный экспериментальный материал свидетельствует о том, что одним из главных условий получения экологически чистой продукции с высоким содержанием каротина и сахаров сортов столовой моркови является разработка технологий выращивания с использованием макро- и микроудобрений в хелатной форме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев Ю.М. Овощеводство. – М. : Академия, 2003. – 256 с.

2. Дьяченко В.С. Повышение качества овощей. – М. : Россельхозиздат, 1972. – 104 с.

3. Зубарев А.А. Содержание нитратов в клубнях зависит от уровня минерального питания / А.А. Зубарев, И. Ф. Каргин, Д. А. Костин // Картофель и овощи. – 2009. – № 8. – С. 23.

4. Иванова В.А. Влияние микроэлементов на биохимический состав моркови / В.А. Иванова, Д.Н. Стихарева // Современные проблемы экологии : Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции. – М. : Рос. гос. аграр. заоч. ун-т, 2010. – С. 37–39.

5. Карова И. Влияние минеральных удобрений на накопление нитратов / И. Карова, М. Шаваев // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2006. – № 2. – С. 52–53.

6. Корягин Ю.В. Влияние биопрепаратов и микроэлементов на рост и развитие растений гороха // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 5. – С. 26–28.

7. Корягин Ю.В. Селен заменит пестициды // Журнал InНоватор. – 2010. – № 5. – С. 16–17.

8. Котова Л. Страшны не нитраты, а их количество // Приусадебное хозяйство. – 2004. – № 2. – С. 36–38.

9. Кретович В.Л. Биохимия растений. – М. : Высшая школа, 1991. – 225 с.

10. Новиков Н.Н. Физиолого-биохимические основы формирования качества урожая сельскохозяйственных культур. – М. : МСХА, 1994. – 56 с.

11. Степуро М.Ф. Использование методов математического моделирования при оптимизации систем удобрения моркови // Картофель и овощи. – 2008. – № 3. – С. 19–21.

12. Стихарева Д.Н. Влияние минеральных удобрений и микроэлементов на урожайность и качество корнеплодов моркови / Д.Н. Стихарева, В.А. Иванова, Ю.В. Корягин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2011. – № 1(1). – С. 131–134.

13. Тома С.И. Микроэлементы как фактор оптимизации минерального питания и управления адаптивностью растений / С.И. Тома, С.Г. Великсар // Современное развитие научных идей Д.Н. Прянишникова: Сб. науч. тр. ин-та почвоведения и фотосинтеза АН СССР. – М. : Наука, 1991. – С. 242–253.

14. Третьяков Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. – М. : Колос, 1998. – 693 с.

15. Федотова Л.С. Нитраты в картофеле как показатель минерального питания и зрелости продукции / Л.С. Федотова, Н.А. Тимошина; ВНИИ картофельного хозяйства // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – № 8. – С. 11–13.

16. Хайбуллин М. Влияние применения минеральных удобрений на содержание нитратов в клубнях картофеля / М. Хайбуллин, Э. Бураканова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2005. – № 4. – С. 50–51.

17. Янченков А.В. Агротехнические приемы получения экологически безопасных корнеплодов моркови // Картофель и овощи. – 2008. – № 3. – С. 15.

УДК 66.03

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ЛАБОРАТОРИИ РЕНТГЕНО-, ГАММАГРАФИРОВАНИЯ

© ***А.Л. Птицин***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

© ***К.Р. Таранцева***, *Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

WAY TO REDUCE POLLUTION OF WASTEWATER LABORATORY X-RAY -, ´Y-GRAPHY

© ***A.L. Ptitsin***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© ***K.R. Tarantseva***, *Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена проблеме очистки сточных вод лаборатории рентгено-, гамма-графирования машиностроительных предприятий. Предложена система очистки сточных вод, основанная на сорбционных свойствах мембраны в процессе обратного осмоса.

Ключевые слова: сточные воды, рентгено-, гаммаграфирование, обратный осмос, сорбция, эффективность, мембрана.

The article deals with the problem of wastewater treatment laboratory X-ray, gamma-grafirovaniya engineering companies. The system of wastewater was proposed, based on the sorption properties of the membrane in reverse osmosis.

Key words: sewage, X-, gammagraphy, reverse osmosis, adsorption, efficiency, membrane.

В последнее время всё больше предприятий используют рентгеновский контроль для диагностики и локализации производственных дефектов. Основой метода является проекция неоднородного пучка лучей на плёнку, содержащую специальное вещество (бромистое серебро), благодаря которому меняются её свойства. Сразу же после проявления серебро плёнки начинает восстанавливаться. Проявление пленки производится несколькими способами: полностью автоматически, когда в аппарат закладывается кассета, после чего проявочная машина извлекает пленку, проявляет, сушит и заправляет новую; полуавтоматически, когда пленка извлекается и загружается вручную, а проявочная машина только проявляет и сушит пленку; полностью вручную, когда проявка происходит в баках-танках, извлечение, заправку, проявку пленки осуществляет рентген-лаборант [1–5]. После всех этих способов необходима нейтрализация и очистка сточных вод, а также утилизация отработанных растворов, в том числе регенерация серебра [5, с. 95].

В результате химического анализа сточных вод лаборатории рентгено-, гаммаграфирования завода по производству трубопроводной арматуры было выявлено, что содержание в них нефтепродуктов, железа и меди превышает ПДК:

Наименование загрязняющих веществ в стоках	pH	Нефтепродукты	Железо	Медь	Цинк
Результаты анализа, мг/л	6,7	0,3	3,1	0,06	0,02
Утвержденные ПДК, мг/л	6,5-8,5	0,17	0,3	0,006	0,03
Превышение ПДК	нет	В 1,8 раза	В 10,3 раза	В 10 раз	нет

Наиболее перспективными из физико-химических методов очистки сточных вод являются сорбционные методы и метод ионного обмена, особого внимания заслуживают методы мембранной технологии, в том числе метод обратного осмоса, получившие развитие в последние десятилетия.

Метод обратного осмоса позволяет получать фильтрат, практически не содержащий каких-либо растворенных соединений, то есть проводить достаточно глубокое обессоливание. Поэтому этот метод перспективен для обработки сточных вод лабораторий рентгено-, гаммаграфирования машиностроительных предприятий. Известно, что при обратноосмотическом обессоливании и концентрировании производственных растворов, например серебросодержащей промывной воды, собираемой после операции фиксирования пленок, производительность мембран снижается во много раз практически необратимо, в первые дни, а иногда и часы их работы. В связи с этим необходимо определить показатель фильтруемости [2, с. 123].

Схема установки обратного осмоса представлена на рисунке 1.

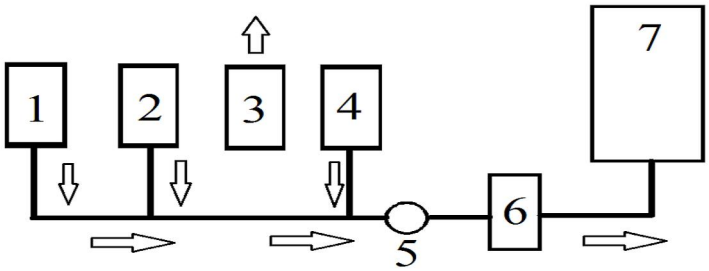


Рисунок 1. Установка обратного осмоса в фотолаборатории: 1 – бак с проявителем; 2 – бак с промывочной водой; 3 – бак с фиксажем; 4 – бак с промывочной водой; 5 – насос; 6 – мембрана; 7 – емкость для приготовления раствора

Жидкость под давлением проходит через мембрану и попадает в емкость, в которой возможно приготовление проявителя. Отработанный фиксаж из бака 3 собирают для извлечения из него соединения серебра. Выбрав мембрану подходящего типа можно обеспечить высокую степень очистки сточных вод фотолабораторий.

Мембраны типа нанофильтрационная и для низконапорного обратного осмоса также могут быть применены в производственных системах обессоливания промывных вод, однако они не позволяют достичь высоких

степеней концентрирования растворов. В то же время они эффективно работают при давлении до 1,5 МПа. Установлена зависимость между задерживающей способностью и трансмембранным объемным потоком, что позволяет предсказывать поведение этих мембран в различных условиях эксплуатации [3, с. 190]. Суммарная селективность процесса осаждения – мембранное разделение зависит от типа использованных мембран и стабильности их работы, характеризующейся способностью мембраны сохранять постоянные значения величин задерживающей способности и производительности в процессе разделения [4, с. 40].

Выбор соответствующей схемы очистки сточных вод после химико-фотографической обработки (регенерации) должен проводиться с учетом экологической обстановки. Для стимулирования предприятий к переходу на ресурсосберегающие безопасные технологии необходим более детальный анализ всех существующих производственных процессов. Для машиностроительных предприятий, имеющих лаборатории рентгено-, гаммаграфирования такой анализ должен проводиться на уровне каждой из них. Этому должно содействовать составление “экологической карты” предприятия, включающей все фактические источники возникновения загрязнений, попадающих в общий сток. Основой для такой “экологической карты” должны служить пооперационные технологические схемы формирования стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивано Х. Фотографическая обработка и окружающая среда // Нихон сясин гаккайси. – 1977. – Т. 40. – № 5. – С. 209–229.

2. Безотходная технология производства и обработки кинофотоматериалов // Сборник научных трудов. – Л. : ЛИКИ, 1984. – 123 с.

3. Методы и средства охраны окружающей среды и снижения потерь серебра при фильмопроизводстве // Труды НИКФИ. – Вып.123. – М., 1985 – 190 с.

4. Брык М.Т. Применение мембран для создания систем кругового водопотребления / Брык М.Т., Цаток Е.А., Греков К.Б. [и др.]. – М. : Химия, 1990 – 40 с.

5. Греков К.Б. Химико-фотографическая обработка и окружающая среда: Аналитический обзор по материалам зарубежной печати. – СПб. : КиТ, 1999. – 95 с.

6. Денисова Н.Е. Очистка сточных вод фотопредприятий и охрана окружающей среды : Учебное пособие. – Л. : ЛИКИ, 1977. – 90 с.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОЙ МИКРОБНОЙ КОМПОНЕНТЫ НА ХИМИЧЕСКИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

© **Л.В. Мосина**, д.б.н., профессор, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)

© **С.Ю. Ефремова**, д.б.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **Е.А. Алпатова**, студентка, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва, Россия)

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ РАКОВИННЫХ АМЕБ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ "ЛЕС – СФАГНОВОЕ БОЛОТО" (ОЗЕРО СВЕТЛОЕ, СРЕДНЕЕ ПОВОЛЖЬЕ)

© **Е.А. Малышева**, к.б.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **Ю.А. Мазей**, д.б.н., профессор, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

РАЗДЕЛЕНИЕ ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ В АССОЦИАЦИЯХ ИНФУЗОРИЙ СЕМЕЙСТВА TRACHELOCERCIDAE БЕЛОГО МОРЯ

© **А.С. Есаулов**, к.б.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **И.В. Есаулова**, к.п.н., ст. преподаватель, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

МОДИФИКАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

© **С.В. Зиновьев**, к.с-х.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **А.А. Блинохватов**, к.с-х.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ "ЛЕС – СФАГНОВОЕ БОЛОТО" НА СЕВЕРЕ КАРЕЛИИ

© **Е.А. Малышева**, к.б.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **Ю.А. Мазей**, д.б.н., профессор, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

КРАПЧАТЫЙ СУСЛИК (SPERMOPHILUS SUSLICUS GÜLD.) В ПОВОЛЖЬЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ, ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ И ВТОРИЧНАЯ КОЛОНИЗАЦИЯ

© **С.С. Бакаева**, аспирантка, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

© **С.В. Титов**, д.б.н., профессор, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

ОЦЕНКА РОСТА И ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ АХУНСКОГО ДЕНДРОПАРКА

© **Н.И. Остробородова**, к.с-х.н., доцент, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

© **О.И. Уланова**, кандидат культурологии, доцент, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

СРАВНЕНИЕ РАЗМЕРОВ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ У ВАРАКУШКИ LUSCINIA SVECICA И КАМЫШОВОЙ ОВСЯНКИ EMBERIZA SCHOENICLUS НА ОСЕННИХ МИГРАЦИОННЫХ ОСТАНОВКАХ В СЕВЕРНОЙ ТАЙГЕ

© **И.Н. Панов**, к.б.н., научный сотрудник научно-информационного центра кольцевания птиц, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (г. Москва, Россия)

© **С.Е. Пономарев**, аспирант, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

ОБРАЗОВАНИЕ БИОПЛЕНОК LISTERIA MONOCYTOGENES ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С РАСТИТЕЛЬНЫМИ КЛЕТКАМИ

© **Г.В. Годова**, к.б.н., доцент, РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)

© **А.А. Овод**, студент 4 курса ф-та почвоведения, агрохимии и экологии РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)

© **Е.А. Калашникова**, д.б.н., профессор, РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)

© **А.Н. Князев**, к.б.н., доцент РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)

© **В.И. Пушкарева**, д.б.н., вед. научн. сотр. лаборатории экологии возбудителей инфекций ФГБУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (г. Москва, Россия)

© **Л.В. Диденко**, д.м.н., зав. лаб. анатомии микроорганизмов ФГБУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (г. Москва, Россия)

© **С.А. Ермолаева**, д.б.н., зав. лаб. экологии возбудителей инфекций ФГБУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (г. Москва, Россия)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ И РАСТЕНИЙ ПРИДОРОЖНЫХ ЛАНДШАФТОВ В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА

© **Д.Г. Иванов**, магистрант кафедры экологии РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева (г. Москва, Россия)

© **А.В. Сердюкова**, доцент кафедры геологии и геоэкологии, Московский государственный областной университет (г. Москва, Россия)

© **В.И. Савич**, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ – МСХА им. К.А.Тимирязева (г. Москва, Россия)

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКИХ ОСНОВ ВЫБОРОЧНОГО КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТОВ ТЕХНОСФЕРЫ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЦЕПЕЙ МАРКОВА

© **В.В. Рыжаков**, д.т.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **М.В. Рыжаков**, старший преподаватель, начальник лаборатории прикладной нанотехнологии, Московский физико-технический институт (государственный университет) (г. Долгопрудный Московской области, Россия)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ

© **А.Ф. Зубков**, к.т.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **О.А. Логвина**, к.т.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ПОЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО СПЛАВА ЦИНК-КОБАЛЬТ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РЕЖИМЕ

© **О.С. Виноградов**, к.т.н., доцент, Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) ФГБОУ ВПО "Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства" (г. Пенза, Россия)

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СМЕСИТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК

© **К.В. Таранцев**, к.т.н., профессор кафедры "Технология машиностроения", Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

© **Д.Д. Токарев**, аспирант, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЕ НАНЕСЕНИЕ ЦИНКСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ

© **В.А. Казаков**, д.т.н., профессор, Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства (г. Пенза, Россия)

© **О.С. Виноградов**, к.т.н., доцент, Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства (г. Пенза, Россия)

© **Н.А. Виноградова**, к.т.н., доцент, Пензенский региональный центр высшей школы (филиала) Российского государственного университета инновационных технологий и предпринимательства (г. Пенза, Россия)

© **М.В. Глебов**, аспирант, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

© **С.В. Кабанов**, к.т.н., доцент, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКОВ В СМЕСИТЕЛЯХ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАЮЩИХ УСТАНОВОК

© **К.В. Таранцев**, к.т.н., профессор кафедры "Технология машиностроения", Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

© **Д.Д. Токарев**, аспирант, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

О СОВОКУПНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЁМОВ

© **О.А. Логвина**, к.т.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **А.Ф. Зубков**, к.т.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **Т.А. Шарков**, магистрант, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

© **В.В. Коновалов**, д.т.н., профессор, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)

ВИЗУАЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕАНИМАЦИОННОГО БОЛЬНОГО В ПРОЦЕССЕ ИНТЕНСИВНОЙ ТЕРАПИИ

© **А.И. Сафронов**, д.м.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **Т.В. Истомина**, д.т.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **А.А. Минкин**, аспирант, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **Э.Д. Якупова**, студентка, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ЕСТЕСТВЕННЫЕ АНТИТЕЛА: НОРМА И ПАТОЛОГИЯ

© **Н.Ю. Келина**, д.б.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **М.А. Мягкова**, д.б.н., руководитель отдела иммунохимии ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)

© **С.Н. Петроченко**, к.б.н., ст. научный сотрудник отдела иммунохимии ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА ПЛАТНЫХ МЕДИЦИНСКИХ УСЛУГ г. ПЕНЗЫ

© **Т.Н. Позднякова**, к.с-х.н, доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ УЩЕРБА ОТ АВАРИЙ, ПЕРЕДАВАЕМОГО НА ПЕРЕСТРАХОВАНИЕ

© **В.Ф. Шишов**, к.э.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ МНОГОПОЛЮСНИКИ В ЗАДАЧАХ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

© **А.В. Киреев**, к.т.н., ст. научный сотрудник, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ОЧИСТКА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БАЛЛОНОВ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ПОТОКОМ ДРОБИ В КИПЯЩЕМ СЛОЕ

© **К.Р. Таранцева**, д.т.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **А.В. Тразанов**, аспирант, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ФЕНОЛОВ

© **А.В. Коростелева**, к.т.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **С.В. Тюрденева**, ассистент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МАСШТАБОВ АВАРИЙ С ОБЪЕМНЫМИ ВЗРЫВАМИ

© **А.В. Клюжин**, к.т.н., доцент, профессор АВН, Саратовский СГТУ им. Ю. Гагарина (г. Саратов, Россия)

© **Ю.А. Егорова**, к.т.н., доцент, филиал ФБУ "ФУ БХУХО" (войсковая часть 21222) (г. Саратов, Россия)

© **А.Г. Горохова**, аспирант, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

© **А.А. Горячева**, к.с.-х.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **Р.А. Дярькин**, аспирант, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ПОДБОР МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ОТХОДОВ

© **М.И. Яхкинд**, к.т.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **К.Р. Таранцева**, д.т.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОДНОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ

© **Н.И. Слугинова**, к.с.-х.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **С.Ю. Ефремова**, д.б.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФОСФОГИПСА НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ

© **М.Ю. Локтионов**, начальник отдела ОАО "Минерально-химическая компания "ЕвроХим" (г. Краснодар, Россия)

© **Е.П. Добрыднев**, исполнительный директор "ЕвроХим – Белореченские удобрения" (г. Краснодар, Россия)

© **А.Х. Шеуджен**, д.б.н., профессор, член-корреспондент РАСХН, заместитель директора ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт риса (г. Краснодар, Россия)

© **А.Н. Лиманский**, начальник отдела ООО "Агроцентр Еврохим-Краснодар"(г. Краснодар, Россия)

© **Л.М. Онищенко**, к.б.н., профессор, Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар, Россия)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ФОНЕ СИДЕРАТОВ В УСЛОВИЯХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ЦЧО РОССИИ

© **Л.С. Федотова**, д.с.-х.н., зав. отделом агрохимии и биохимии, Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (п. Красково, Люберецкий район, Московская обл., Россия)

© **А.В. Кравченко**, к.с.-х.н., старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (п. Красково, Люберецкий район, Московская обл., Россия)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

© **С.В. Кизинек**, к.с-х.н., директор ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)

© **А.Х. Шеуджен**, д.б.н., профессор, член-корреспондент РАСХН, заместитель директора ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)

© **Н.И. Аканова**, д.б.н., профессор, главный научный сотрудник ГНУ ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)

© **М.Ю. Локтионов**, начальник отдела ОАО Минерально-Химическая Компания "ЕвроХим" (г. Москва, Россия)

© **А.Н. Лиманский**, начальник отдела ОАО Минерально-Химическая Компания "ЕвроХим" (г. Москва, Россия)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НИТРОАММОФОСКИ 16:16:16 В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ РИСА НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ

© **С.В. Кизинек**, к.с-х.н., директор ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)

© **М.В. Таук**, зам. директора ОАО "Акрон" (г. Великий Новгород, Россия)

© **А.Х. Шеуджен**, д.б.н., профессор, член-корреспондент РАСХН, заместитель директора ГНУ ВНИИ риса Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)

© **Н.И. Аканова**, д.б.н., профессор, главный научный сотрудник ГНУ ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова Россельхозакадемии (г. Москва, Россия)

© **И.И. Николаева**, зам. начальника ЦХЛ ОАО "Акрон" (г. Великий Новгород, Россия)

АЗОТФИКСИРУЮЩАЯ АКТИВНОСТЬ СИМБИОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН СОИ РИЗОТОРФИНОМ СОВМЕСТНО С СЕЛЕНАТОМ НАТРИЯ

© **А.А. Блинохватов**, к.с-х.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **С.В. Зиновьев**, к.с-х.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

СРЕДСТВА ХИМИЗАЦИИ, РЕГУЛЯТОР РОСТА И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КУКУРУЗЫ

© **С.А. Семина**, д.с.-х.н., профессор, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

© **А.Г. Иняхин**, аспирант, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ И ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПОЧВЕННО-АГРОХИМИЧЕСКОГО ИНДЕКСА

© **Н.А Комарова**, к.б.н., зав. отделом ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)

© **В.И. Комаров**, к.с-х.н., директор ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)

© **А.В. Гришина**, к.с-х.н., начальник отдела ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)

© **Т.А. Беликова**, начальник отдела ФГБУ ЦАС "Владимирский" (г. Владимир, Россия)

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОРНЕПЛОДОВ СТОЛОВОЙ МОРКОВИ

© **Д.Н. Стихарева**, аспирантка, ФГБУ ВПО "Пензенская ГСХА" (г. Пенза, Россия)

© **Ю.В. Корягин**, к.с-х.н., доцент, ФГБУ ВПО "Пензенская ГСХА" (г. Пенза, Россия)

© **В.А. Иванова**, к.б.н., доцент, ФГБУ ВПО "Пензенская ГСХА" (г. Пенза, Россия)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего *плюс*

Периодическое научное издание

Серия: Экология
Том 2

ISSN 2221-951X

9 772221 951003

Редактор Л.Ю. Горюнова
Компьютерная верстка Д.Б. Фатеева, Н.Н. Зосимовой

Сдано в производство 02.09.13. Формат 70x108 1/16
Бумага типогр. № 1. Печать трафаретная. Шрифт Times New Roman Cyr.
Усл. печ. л. 21,1. Уч.-изд. л. 17,3. Заказ № 2351. Тираж 118.

Пензенский государственный технологический университет.
440039, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ ул. Гагарина, 1а/11.