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

Выпуск 05(27)2015

Пенза ПензГТУ 2015

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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.



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

05(27)/2015

Penza PenzSTU 2015

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL JOURNAL

XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus: Scientific periodical. – Penza: PenzSTU Publishing House, $2015. - N_{\odot} 05(27). - 298$ 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).



СОДЕРЖАНИЕ

СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ © А.И. Иванов, ФГУ Институт промышленной экологии (ГОСНИИЭНП) Росприроднадзора РФ (г. Пенза, Россия) © А.Г. Горохова, Филиал ФБУ «ФУ БХУХО» (войсковая часть 21222) (г. Пенза, Россия) © М.И. Андреева, Филиал ФБУ «ФУ БХУХО» (войсковая часть 21222) (г. Пенза, Россия)	15
СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ В БОЛОТАХ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ НА ЗАПАДЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ (ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК, ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ) © К.В. Бабешко, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия) © Е.А. Малышева, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия) © А.Н. Цыганов, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия) © Е.Ю. Новенко, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (г. Москва, Россия) © Ю.А. Мазей, Пензенский государственный университет	20
(г. Пенза, Россия) ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ КУЛЬТУР КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ © С.А. Сашенкова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия) © Г.В. Ильина, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия) © Д. Ю. Ильин, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)	27
ВЛИЯНИЕ СПИЧЕЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ И БИОКОНВЕРСИЯ ЕГО ОТХОДОВ ВЕШЕНКОЙ ЛИМОННОШЛЯПКОВОЙ © Е.Г. Куликова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия) © О.А. Логвина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	32

СОВРЕМЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ И КОЭФФИЦИЕНТЫ НАКОПЛЕНИЯ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ ¹³⁷ CS И ⁹⁰ SR В ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА, ВЫРАЩЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	39
© П.М. Орлов, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова	37
(г. Москва, Россия)	
© В.Г. Сычёв, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова	
(г. Москва, Россия)	
© С.В. Жиленко, Кубанский государственный аграрный	
университет (г. Краснодар, Россия)	
РАДИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	45
© П.М. Орлов, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова	
(г. Москва, Россия)	
© В.Г. Сычёв, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова	
(г. Москва, Россия)	
© С.В. Жиленко, Кубанский государственный аграрный	
университет (г. Краснодар, Россия)	
РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ:	
РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ: НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ	
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	51
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА © В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический	51
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА © В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	51
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА © В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © М.В. Рыжаков, Московский физико-технический институт	51
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА © В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © М.В. Рыжаков, Московский физико-технический институт (государственный университет) (г. Москва, Россия)	51
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА © В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © М.В. Рыжаков, Московский физико-технический институт	51
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА © В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © М.В. Рыжаков, Московский физико-технический институт (государственный университет) (г. Москва, Россия) © А.Д. Карпушов, Пензенский государственный технологический	51
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА. © В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © М.В. Рыжаков, Московский физико-технический институт (государственный университет) (г. Москва, Россия) © А.Д. Карпушов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА © В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © М.В. Рыжаков, Московский физико-технический институт (государственный университет) (г. Москва, Россия) © А.Д. Карпушов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ © И.А. Прошин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © Р.Д. Прошина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА © В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © М.В. Рыжаков, Московский физико-технический институт (государственный университет) (г. Москва, Россия) © А.Д. Карпушов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ © И.А. Прошин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © Р.Д. Прошина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА	
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА. © В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © М.В. Рыжаков, Московский физико-технический институт (государственный университет) (г. Москва, Россия) © А.Д. Карпушов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ © И.А. Прошин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © Р.Д. Прошина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия) © П.В. Сюлин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА	

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОВОРОТНОЙ МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ТИХОХОДНЫХ РЕКАХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	68
© А.А. Баклин, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© В.М. Голощапов , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Д.А. Асанина, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© А.В. Рябов, ООО «Старт-Парк Пенза» (г. Пенза, Россия)	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗОЛ ОТ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	74
© Н.И. Зубрев, Московский Государственный университет путей	
сообщения (г. Москва, Россия)	
© М.В.Устинов, Московский Государственный университет путей	
сообщения (г. Москва, Россия)	
© Т.В. Матвеева, Московский Государственный университет путей	
сообщения (г. Москва, Россия)	
© И.Ю. Крошечкина, Московский Государственный университет	
путей сообщения (г. Москва, Россия)	
ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ МЕДИ НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ	
И НЕМОДИФИЦИРОВАННЫХ БЕНТОНИТОВЫХГЛИНАХ	77
© Д.Е. Борисков, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© А.А. Кузьмин, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© А.А. Блинохватов, Пензенский артиллерийский инженерный	
институт (г. Пенза, Россия)	
© С.В. Зиновьев, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© М.Н. Арзуманова , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ АБСОРБЕРАМИ В СОСТАВЕ	
СОЛНЕЧНОЙ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	82
© В.Р. Силаков , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ МЕТОДОМ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ	89
© А.А. Кузьмин , Пензенский государственный технологический	57
университет (г. Пенза, Россия)	

© С.В. Зиновьев , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© А.А. Блинохватов , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Д.Е. Борисков, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ	
ЦЕМЕНТНО-БЕНТОНИТОВЫЕ КОМПОЗИТЫ	95
© М.И. Панфилова , Московский государственный строительный	
университет (г. Москва, Россия)	
© Н.И. Зубрев , Московский государственный университет путей	
сообщения (г. Москва, Россия)	
© Д.А. Леонова, Московский государственный строительный	
университет (г. Москва, Россия)	
© М.В. Устинова , Московский государственный университет	
путей сообщения (г. Москва, Россия)	
ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ	
ГАЗОВЫХ БАЛЛОНОВ	99
© О.А. Логвина, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© А.В. Тразанов, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА	
СИНТЕТИЧЕСКИХ КАУЧУКОВ	105
© И.А. Прошин , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Р.Д. Прошина , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Р.А. Дярькин , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© А.А. Горячева , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ	
ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СОЧЕТАНИИ	
С МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ	
В ЗЕМЛЕДЕЛИИ КУБАНИ	113
© С.В. Жиленко, Кубанский государственный аграрный	
университет (г. Краснодар, Россия)	
© В.Г. Сычёв, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова	
(г. Москва, Россия)	
© А.Х. Шеуджен, ГНУ ВНИИ риса (г. Краснодар, Россия)	
© Н.И. Аканова, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)	
LYNDUNUI, I CHARLES (RUDDI I, NORDUNI)	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННОГО СУБСТРАТА В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ — ВАЖНЕЙШЕЕ ЗВЕНО БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ © А.И. Иванов, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия) © Ю.В. Корягин, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия) © Р.В. Анохин, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)	120
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ АМАРАНТА МЕТЕЛЬЧАТОГО ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И МИКРОУДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ	
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ © Е.А. Зуева, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия) © Н.И. Слугинова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	126
ОТХОДЫ ПТИЦЕВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ: ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНО И ЭФФЕКТИВНО © Н.П. Чекаев, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия) © А.Ю. Кузнецов, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия) © Т.А. Власова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия) © Л.Т. Янаева, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)	130
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО ФОСФОГИПСА В ЗЕМЛЕДЕЛИИ © М.Ю. Локтионов, ОАО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим» (г. Краснодар, Россия) © И.А.Шильников, ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия) © А.Х. Шеуджен, ГНУ ВНИИ риса (г. Краснодар, Россия) © Н.И. Аканова, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия) © С.Ю. Ефремова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	134

действие комплексного применения	
ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ	
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ	
ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ	146
© Н.В. Корягина, Пензенская государственная	
сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)	
© Ю.В. Корягин, Пензенская государственная	
сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)	
РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ И МОНИТОРИНГ	
ПЕСТИЦИДОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	152
© Т.В. Кононова, Минсельхоз России (г. Москва, Россия)	
© В.С. Горбатов, Московский государственный университет имени	
М.В.Ломоносова (факультет почвоведения), заведующий	
лабораторией ВНИИФ (г. Москва, Россия)	
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТАВА И СВОЙСТВ	157
ЗОЛЫ ОТ СЖИГАНИЯ ШПАЛ	157
© Н.И. Аканова, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)	
© С.Ю. Ефремова , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
университет (г. 11енза, 1 оссия) © Д.Е. Лузганова, Федеральная служба по надзору в сфере	
природопользования, Управление разрешительной деятельности	
прировотользования, у привление разрешительной веятельности (г. Москва, Россия)	
© М.В. Устинова, Российская Открытая Академия транспорта	
(POAT) Московского Государственного Университета путей	
сообщения (МИИТ) (г. Москва, Россия)	
ЗАВИСИМОСТИ ПРОДУКТИВНОСТИ СОИ ОТ ВНЕСЕНИЯ	
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ	
ОРОШАЕМОЙ ЛУГОВО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ	
ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА	166
© Абдыкаримова А.П. Алматинский технологический университет	
(г. Алматы, Казахстан)	
© Султангазиева Г. С. Алматинский технологический университет	
(г. Алматы, Казахстан)	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ	
И МОДЕЛИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ,	
ЭКОЛОГИИ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
и медицине	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	
В ИССЛЕДОВАНИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ	
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	
H3 OTYOHOR CHHTETHUECKHY KAVUVKOR	172

© И.А. Прошин , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Р.Д. Прошина , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Р.А. Дярькин , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© А.А. Горячева , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ	
ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	
И ЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЕ	182
© Ю.О. Логвин, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Б.Л. Таранцева, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© О.А Логвина , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ	
ВАЖНЕЙШИХ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО	
АНАЛИЗА	187
© А.В. Киреев , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Э.Р. Эмурлаева , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
ИССЛЕДОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ	
ПРОЦЕССА ПИТТИНГОВОЙ КОРРОЗИИ СТАЛИ	195
© В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© М.В. Рыжаков , Московский физико-технический институт	
(государственный университет) (г. Москва, Россия)	
© М.Ю. Рудюк, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© А.И. Расстегаев , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА	
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПРОГНОЗА	201
© Ю.О. Логвин, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Т.А. Шарков , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	

СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ КОНТРОЛЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФОНА	208
© Н.Ю. Келина, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Т.Ю. Мамелина , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© В.Н. Елизаров, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
СТАБИЛОГРАФИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ	
ДЛЯ ТРЕНИНГА И ОТБОРА ГИМНАСТОВ	216
© О.В. Баулина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
© Т.В. Истомина , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ У БОЛЬНЫХ ПРИ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКОЙ ХОЛЕЦИСТЭКТОМИИ	223
© С.А. Карпицкая, Пензенский институт усовершенствования	
врачей (г. Пенза, Россия)	
© А.И. Сафронов , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Т.В. Истомина , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И АНАЛИЗА РИСКА	
возникновения игровой зависимости	227
© Н.Ю. Келина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
© Е.В. Вейпан, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© В.Н. Елизаров, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
ОПИСАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	234
© Б.А. Истомин, Пензенский государственный технологический	25 .
университет (г. Пенза, Россия)	
© Т.В. Истомина , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ	
СЛОЖНЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ ТЕЛ	240
© А.В. Киреев , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ	240
ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗОВЫХ БАЛЛОНОВ	248
© О.А. Логвина , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© К.Р. Таранцева , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© А.В. Тразанов , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ	
ЛИНИЙ КОРМЛЕНИЯ СВИНЕЙ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ	
МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВА	252
© В.В. Коновалов, Пензенский государственный технологический	232
университет (г. Пенза, Россия)	
университет (г. 11ензи, 1 оссия) © А.И. Бобылев, Пензенская государственная сельскохозяйственная	
академия (г. Пенза, Россия)	
and contain (c. 1101/34, 1 300/35)	
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И КОМПОНЕНТНЫЙ	
ПОРТРЕТ В ОЦЕНКЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ЕДИНОМ	
ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ	260
© И.А. Прошин, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Р.Д. Прошина , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Г.Г. Долгов, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ	
ВОД МАЗЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА КОМБИНИРОВАННЫМ	
СПОСОБОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИПОХЛОРИТА	
НАТРИЯ	267
© Д.А. Захаркин, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© К.Р. Таранцева , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Е.Е. Полунина , ОАО Биосинтез (г. Пенза, Россия)	
МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОСВЯЗНОГО	
МНОГОСЕКЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА	
	272
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ	212
Уп.А. прошин, Пензенский госуоарственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	
университет (г. 11енза, 1 оссия) © Е.Н. Салмов , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
университет (г. 11ензи, Fоссия) © Д.В. Тимонин , Пензенский государственный технологический	
to the contract of the contrac	
университет (г. Пенза, Россия)	

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИТЬЯ ПОРОШКОВОЙ	
СМЕСИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ	281
© К.Р. Таранцева , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© С.Ю. Каргин, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ	
ЭЛЕКТРОПРИВОДА РОЛИКО-ОПОР	285
© И.А. Прошин , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Е.Н. Салмов , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© Д.А. Кузнецов, Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ШЕСТИВАЛЕНТНОГО ХРОМА	
МОДИФИЦИРОВАННЫМ ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИОННЫМ	
МЕТОДОМ	293
© К.Р. Таранцева , Пензенский государственный технологический	
университет (г. Пенза, Россия)	
© А.А. Сергунов, ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт им. М.В.Проценко»	
(г. Заречный, Пензенская область, Россия)	

СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

УДК 502.175:631.416.848:630

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

© **А.И. Иванов,** $\Phi \Gamma У$ Институт промышленной экологии (ГОСНИИЭНП) Росприроднадзора $P\Phi$ (г. Пенза, Россия)

©**А.Г. Горохова,** Филиал ФБУ «ФУ БХУХО» (войсковая часть 21222) (г. Пенза, Россия)

© **М.И. Андреева**, Филиал ФБУ «ФУ БХУХО» (войсковая часть 21222) (г. Пенза, Россия)

MONITORING OF CADMIUM CONTENT IN FOREST ECOSYSTEMS OF VOLGA HIGHLAND

© A.I. Ivanov, Federal Institute of industrial ecology GosNIIAS of Rosprirodnadzor, the Russian Federation (Penza, Russia)

© A.G. Gorokhova, troop unit 21222 (Penza, Russia) © M. Andreeva, troop unit 21222 (Penza, Russia)

Представлены результаты исследований содержания кадмия в компонентах лесных экосистем Приволжской возвышенности. Определены концентрации кадмия для различных разновидностей серых лесных почв и биологических объектов: древесных и травянистых растений, мхов, лишайников и грибов. Исследовано влияние загрязнения почвы на биологическую аккумуляцию кадмия.

Ключевые слова: грибы, загрязнение, кадмий, лишайники, мхи, почва

Presents research results of the content of cadmium in the components of forest ecosystem Volga upland. Determined concentration of different varieties of gray forest soils and biological objects: woody and herbaceous plants, mosses, lichens and mushrooms. The influence of soil pollution on biological accumulation of cadmium.

Key words: cadmium, lichens, mushroom, mosses, pollution, soil.

Кадмий относится к числу наиболее опасных для здоровья человека токсичных элементов. Он принадлежит к числу приоритетных загрязняющих веществ и в соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83 относится к первому классу опасности. Его соединения очень подвижны, поэтому они легко мигрируют по пищевым цепям и накапливаются в биологических объектах. Загрязнение им природных сред в настоящее время происходит в глобальном масштабе. Кадмий содержится в каменном угле, поэтому при сжигании последнего попадает в атмосферу, а оттуда в почву и природные воды. Источником загрязнения этим элементом являются также отходы гальванических производств и фосфорные удобрения, производимые из природного минерального сырья [8]. В связи с этим фоновое содержание кадмия в природных средах не является постоянной величиной. Этим объясняется необходимость мониторинговых исследований. Содержание кадмия в компонентах лесных экосистем Приволжской возвышенности изучено очень слабо. Имеющиеся данные разрознены в отчетах регио-

нального государственного центра агрохимической службы и центра лабораторного анализа и технических измерений. Они не систематизированы и не опубликованы, не смотря на актуальность проблемы. В связи с этим нами были проведены специальные исследования содержания кадмия в компонентах лесных экосистем. Местом их проведения был лесной массив, расположенный на территории водораздела рек Сура и Вядь в окрестностях станции Леонидовка в Пензенском районе Пензенской области. Почвенный покров этой территории представлен серыми лесными почвами, среди которых наиболее распространены светло-серые лесные супесчаные среднемощные, светло-серые лесные песчаные маломощные, серые лесные легко-суглинистые и темно-серые лесные тяжело-суглинистые. Лесная растительность представлена преимущественно лиственными насаждениями с небольшим участием сосны. Среди них наиболее распространены кленово-липовые леса с участием березы, березняки и осиники. Хвойные леса представлены культурами сосны различного возраста [3].

Материалом для исследований послужили пробы почвы, растительного и грибного материала, отбор которых, осуществлялся в летне-осенний период 2014 г. Лабораторные исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории филиала ФБУ БХУХО (войсковая часть 21222) методом атомно-адсорбционной спектрометрии на атомно-адсорбционном спектрометре МГА-915 МД производства ООО «Атомприбор» г. Санкт-Петербург.

Как показал анализ образцов отобранных из горизонта А различных разновидностей серых лесных почв содержание в них кадмия находится в пределах ОДК. В группе почв легкого механического состава четко прослеживается тенденция уменьшения содержания кадмия в зависимости от содержания физического песка и мощности почвенного горизонта. В суглинистых почвах содержание изучаемого элемента несколько выше, чем в супесях. Максимальных показателей оно достигает в тяжелосуглинистых почвах, имеющих наибольшую поглотительную способность.

Таблица 1 — Содержание кадмия в различных разновидностях серых лесных почв в мг/кг

Разновидности	Почвенные горизонты		
серых лесных почв	A	В	C
Светло-серая лесная супесчаная среднемощная	0.145±0.046	0.110±0.160	0.016±0.003
Светло-серая лесная супесчаная маломощная	0.130±0.031	0.078±0.018	0.016±0.003
Светло-серая лесная песчаная маломощная	0.075±0.02	0.080±0.11	0.033±0.080
Серая лесная тяжело суглинистая среднемощная	0.165±0.049	0.110±0.09	0.041±0.015
Серая лесная легко суглинистая среднемощная	0.250±0.060	0.150±0.031	0.048±0.022
ОДК для кислых песчаных и супесчаных почв	0,5	-	-
ОДК для кислых суглини- стых и глинистых почв	1,0	-	-

Как показало изучение распределения кадмия по почвенным горизонтам максимальные концентрации кадмия отмечаются в горизонтах A и B. Среднее содержание этого элемента в материнских породах как в песках, так и в глинах оказывается значительно меньшим. Для первых оно составляет 0,02 – 0,03

мг/кг, для вторых 0.04 - 0.05 мг/кг. Это подтверждает связь содержания кадмия в почве с атмосферными выпадениями.

Кадмий из почвы мигрирует в биологические объекты, в частности в древесные растения. Деревья накапливают кадмий активней, чем кустарники (табл.2). Вероятно, это связано с тем, что они имеют более высокую продолжительность жизни и соответственно накапливают изучаемый элемент более длительное время. Отмечаются также отличия в активности биоаккумуляции кадмия на уровне отдельных видов деревьев. Максимальное содержание кадмия оказывается в древесине и листьях березы, на что указывают и другие исследователи [1].

Таблица 2 – Содержание кадмия в древесине, коре и листьях древесных

растений и травянистых растениях

растении и травинистых растениях			
Виды растений	Древесина, мг/кг	Кора, мг/кг	Хвоя и листва, мг/кг
Сосна	0,021±0,006	0,270±0,084	0,044±0,013
Береза	0,091±0,022	0,790±0,081	0,150±0,003
Дуб	$0,042\pm0,012$	0,110±0,03	0,07±0,033
Липа	0,019±0,005	0,230±0,071	0,027±0,008
Лещина	$0,011\pm0,003$	0,081±0,022	$0,022\pm0,004$
Бересклет	0,014±0,031	0,031±0,022	0,014±0,011
Осока волосистая	-	-	0,02+0,01

Кадмий в различных частях растений накапливается с разной интенсивностью. Для всех изученных видов наблюдается одна и та же закономерность. Минимальное содержание кадмия наблюдается в древесине, среднее – в листве, максимальное – в коре. У деревьев эти различия выражены значительно сильнее, чем у кустарников. Причины такого распределения кадмия вероятно связаны с тем, что его основным источником для растений являются атмосферные выпадения, которые благодаря высокой сорбционной способности коры концентрируются в ней. В связи с тем, что кора представляет собой комплекс мертвых тканей, накопление в ней кадмия можно отнести скорее к чисто физическому процессу, а не к биоконценрации. В древесину и листья кадмий поступает из почвы в процессе корневого питания. Изученные виды деревьев и кустарников не являются концентраторами этого элемента, т.к. его содержание в древесине и листьях (табл.2) оказывается ниже, чем в почве или выражается близкими значениями (табл.1).

В листьях концентрация кадмия оказывается в полтора – два раза выше, чем в древесине. Вероятно, благодаря этому растение освобождается в процессе листопада от этого токсичного элемента.

Из травянистых растений на содержание кадмия анализировалась осока волосистая — основной доминант напочвенного покрова в лиственных лесах района исследований. Концентрация изучаемого элемента в вегетативных органах этого растения была на уровне таковой в листьях древесных растений.

В ходе исследований нами изучался характер накопления кадмия в слоевищах лишайников и мхов. В результате было установлено, что эпифиты накапливают этот элемент несколько активней, чем виды, развивающиеся на почве. Максимальное содержание кадмия зафиксировано в талломе эпифитного лишайника гипогимнии вздутой (табл.3).

Таблица 3 – Содержание кадмия в талломах лишайников и мхов

Названия видов	Содержание кадмия, мг/кг
Гипогимния вздутая	0,295±0,885
Кладония лесная	0,089±0,026
Пармелия бороздчатая	0,115±0,034
Плевроций Шрейбера	0,046±0,013
Стереодон бледный	0,105±0,031

Накопление кадмия мхами и лишайниками, как и накопление его в коре деревьев вероятно связано с тем, что их талломы очень гигроскопичны. В сухую погоду они не способны удерживать влагу. Особенно быстро ее теряют не связанные с почвой эпифиты. Во время, же дождей они активно поглощают атмосферные выпадения вместе с содержащимися в них поллютантами. Поэтому организмы рассматриваемых групп рекомендуется использовать в биомониторинге, как индикаторов загрязнения воздуха [4].

Наиболее сложный характер биологического накопления химических элементов в целом и кадмия в частности свойственен шляпочным грибам, относящимся к классу агарикомицетов. Это связано с тем, что их вегетативное тело — мицелий имеет в силу особенностей своего строения колоссальную сорбционную способность и высокую интенсивность белкового обмена. Способность накапливать в плодовых телах тот или другой химический элемент выражена у разных видов не одинаково. Для ее количественной оценки обычно используют такой показатель, как коэффициент накопления (КН) — отношение содержания элемента в плодовом теле к его содержанию в питающем субстрате [3].

Среди изученных нами видов наиболее активными биоконцентраторами кадмия являются мухомор красный и хиршапор еловый, имеющие максимальные коэффициенты накопления. Из съедобных грибов изучаемый элемент накапливают березовик обыкновенный и опенок осенний (Табл.4).

Таблица 4 – Содержание кадмия в плодовых телах грибов

Названия трофических групп и видов	Содержание в плодовом теле, мг/кг	Содержание в питающем субстрате, мг/кг	КН
Симбиотрофы			
Волнушка белая	$0,013\pm0,003$	0,130±0.031	0,100
Масленок зернистый	$0,021\pm0,006$	$0,130\pm0,031$	0,161
Масленок поздний	$0,024\pm0,07$	0,130±0,031	0,184
Мухомор красный	1,350±0,405	0,165±0,049	8,181
Березовик обыкновенный	0,820±0,246	0,165±0,049	4,969
Подгруздок белый	0,055±0,023	0,105±0,005	0,523
Рыжик сосновый	0,082±0,034	0,165±0,049	0,496
Свинушка тонкая	$0,013\pm0,003$	0,165±0,049	0,078
Ксилотофы			
Ложно-опенок кирпично- красный	0,017±0,005	0,058±0,017	0,293
Опенок осенний	0,440±0,132	0,058±0,017	7,586
Трутовик настоящий	0,086±0,025	0,086±0,025	1,000
Хиршапор еловый	1,545±0,463	0,027±0,007	57,22
Подстилочные сапротрофы			
Зонтик пестрый	0,090±0,027	0,165±0,049	0,545
ПДК	0,1	-	-

Остальные виды имеют коэффициенты накопления менее единицы, т.е. им не свойственна биологическая аккумуляция кадмия на почвах, содержащих этот элемент в пределах ПДК. Полученные результаты согласуются с данными других исследователей, занимавшихся этой проблемой [5,10,11].

Одним из важнейших факторов загрязнение сельскохозяйственных земель кадмием является широкое применение фосфорных удобрений, полученных из Кольских апатитов [8]. Как показали наши исследования, на залежных землях сохраняется несколько повышенное содержание этого элемента по сравнению с фоном. Например, если на светло-серой лесной среднемощной почве, содержащей кадмий в количестве 0,19 мг/кг, концентрация этого элемента в древесине березы составляет 0,087 мг/кг, то при содержании 0,67 мг/кг она возрастает до 0,39 мг на кг.

Не менее чувствительны к повышенным концентрациям кадмия шляпочные грибы. Нами были проведены исследования в лесном массиве, прилежащем к полигону, на котором в 50-х годах XX в. производилось уничтожение
химических боеприпасов с последующим обжигом корпусов авиационных
бомб, сжигание тары с лако-красочным покрытием, резины и т.п. В этих условиях содержание изучаемого элемента в почве составляло 4,5 – 7,5 мг/кг. В
плодовых телах грибов концентрация кадмия возрастала в соответствии со
свойственными им коэффициентами накопления. Максимальной величины —
28,74 мг/кг она достигла у мухомора красного. У других видов содержание кадмия было значительно меньшим, но во всех случаях существенно превышало
ПДК (0,5 мг/кг). Например, у масленка позднего оно составляло 2,25 мг/кг, у
свинушки тонкой – 1,45 мг/кг, а у волнушки белой – 1,30 мг/кг.

Таким образом, загрязнение почвы оказывает существенное влияние на накопление кадмия в биологических объектах, которое может существенно превышать ПДК. Особую опасность для здоровья человека представляют съедобные грибы и ягоды, содержащие повышенные концентрации этого элемента. В связи с этим изучение природных экосистем, в которых существует потенциальная опасность загрязнения кадмием пищевой продукции, имеет не только научное, но и практическое значение.

Список литературы

- 1. Ветчинникова Л.В. Особенности накопления тяжелых металлов в листьях древесных растений на урбанизованных территориях севера /Ветчинникова Л.В., Кузнецова Т.Ю., Титов А.Ф. // Труды Карельского научного центра РАН, 2013. № 3. С. 58 63.
- 2. Иванов А.И. Использование живых организмов различных таксономических групп для биоиндикации окружающей среды // Теоретическая и прикладная экология, 2007. №2. С.73-78.
- 3. Иванов А.И. Древесные растения Пензенской области / Иванов А.И., Власов А.С., Власова Т.Г., Сашенкова С.А. РИО ПГСХА, 2012. 252 с.
- 4. Иванов А.И. Агарикомицеты Приволжской возвышенности. Порядок Boletales, РИО ПГСХА, 2014. 176 с.
- 5. Королева Ю.В. Аккумуляция тяжелых металлов лесными грибами в Калиниградской области / Королева Ю.В., Стеганцев В.В., Вихранева О.П., Чибисова Н.В. // Вестник Балтийского федерального университета им. И.Канта, 2014. С.78 85.

- 6. Линдеман А.В. Процессы миграции свинца и кадмия в системе «Почва растение». Автореф. канд. дисс. Иваново, 2009. 22 с.
- 7. Неволин Н.Н. Тяжелые металлы и мышьяк в растительности сосняков черничниковых / Неволин Н.Н., Евдокимов И.В. // Лесной журнал, 2007. № 1. С. 157-158.
- 8. Потатуева Ю.А. Влияние длительного применения фосфорных удобрений на накопление в почве тяжелых металлов // Агрохимия, $1994. N_{2} 11. C.98 113.$
- 9. Рыбакова Г.А. Определение некоторых тяжелых металлов во мхах / Рыбакова Г.А., Панус С.В. // Современные наукоемкие технологии. 2006. № 3. С.57.
- 10. Kalac P. Contents of cadmium and mercury in edible mushrooms / Kalac P., Svo-boda L., Havlickova B // Jurnal of Appilied Biomedicine, 2004. -Vol. 2. P. 15 20.
- 11. Maihara V. A. Arsenic and Cadmium content in edible muchrooms from Sao Paulo, Brazil determined bay JNAA and GF AAS / Maihara V.A., Cahtarino M.G., Castro L.P, Figueira R. C. L. //Jurnal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2008. № 2. P. 395-397.

УДК 593.11

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ В БОЛОТАХ ЮЖНО-ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ НА ЗАПАДЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ (ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК, ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ)¹

- © **К.В. Бабешко**, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия) © **Е.А. Мальшева,** Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)
- © **А.Н. Цыганов**, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия) © **Е.Ю. Новенко**, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (г. Москва, Россия)
- © **Ю.А. Мазей**, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

SPECIES STRUCTURE OF TESTATE AMOEBA ASSEMBLAGES IN SPHAGNUM-DOMINATED ECOSYSTEMS LOCATED IN THE SOUTH TAIGA REGION (CENTRAL-FOREST STATE BIOSPHERE NATURE RESERVE, TVER' REGION)

- © K.V. Babeshko, Penza State University (Penza, Russia)
- © E.A. Malysheva, Penza State University (Penza, Russia)
- © A.N. Tsyganov, Penza State University (Penza, Russia)
- © E.Yu. Novenko, Moscow State University named after M.V. Lomonosov (Moscow, Russia)
 - © Yu.A. Mazei, Penza State University (Penza, Russia)

Одноклеточные эукариоты играют важную роль в функционировании всех типов экосистем, однако до настоящего момента существует значительные пробелы в описании их локального разнообразия. В данной работе приводятся результаты исследования видового состава и структуры сообществ раковинных амеб в заболоченных экосистемах, расположенных в южно-таежной зоне на территории

¹ В организации и проведении экспедиции неоценимую помощь оказали сотрудники заповедника. Работа выполнена при поддержке РНФ (№ 14-14-00891), РФФИ (№ 14-05-00568_A, 14-04-31472 мол_а) и Министерства образования и науки (проект № 1315).

Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника (Тверская область). В ходе исследования было обнаружено 68 видов и инфравидовых таксона раковинных амеб. Результаты работы содержат новые данные о распределении раковинных амеб на территории России.

Ключевые слова: раковинные амебы, болотные экосистемы, структура сообщества.

Unicellular eukaryotes play an important role in functioning of all types of ecosystems, however there are still significant gaps in understanding their local diversity patterns. This paper presents a study of species composition and structure of testate amoeba assemblages in waterlogged ecosystems located in the south-taiga zone (Central-forest State Biosphere Nature Reserve, Tver' region). A total of 69 different amoeba taxa were identified during the study. This paper contains new data on testate amoeba species distribution on the territory of Russia.

Key words: testate amoebae, wetlands, community structure.

E-mail: fytark@yandex.ru, elenamalysheva@list.ru, andrey.tsyagnov@bk.ru, lenanov@mail.ru, yurimazei@mail.ru

Одноклеточные эукариотические организмы играют важную роль в функционировании экосистем и вносят значительный вклад в локальное видовое разнообразие. Однако до настоящего времени существуют значительные пробелы в исследованиях их распространения и видовой структуры сообществ. Это во многом определяется трудностями, связанными с изучением данной группы организмов (в большинстве случаев необходимо трудоемкое культивирование и дорогостоящая техника для микроскопирования). В качестве модельной группы организмов могут быть использованы раковинные амебы или корненожки, свободноживущие одноклеточные организмы, заключенные в твердую защитную оболочку. Систематика раковинных амеб практически полностью основана на морфологических признаках раковинок, которые сохраняются после смерти организма, что позволяет избежать использования трудоемких методов культивирования [10]. При этом раковинные амебы широко распространены и являются характерными обитателями сфагновых болот и образуют сообщества, которые, в свою очередь, чутко реагируют на уровень увлажненности болот, кислотность, содержание органического вещества [1, 7, 11, 12, 13, 14]. Эти свойства позволяют применять корненожек в качестве индикаторных организмов для биомониторинга и палеоэкологических реконструкций. Цель исследования – изучить видовой состав и структуру сообщества раковинных амеб в сфагновых биотопах заболоченных экосистем на территории Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедники (ЦЛГПБЗ). Данная работа продолжает исследования фаунистического состава раковинных амеб в разнотипных биотопах южно-таежной подзоны, начатые Г.А. Коргановой [3], А.А. Бобровым с соавторами [2, 9] и А.А. Рахлевой [8].

Материал для исследования был собран в июле 2012 года на территории Центрального лесного государственного природного биосферного заповедника (ЦЛГПБЗ, Тверская область; Россия). Заповедник находится в центре европейской части России, на юго-западе Валдайской возвышенности. Его территория слабовсхолмленная равнина. Климат территории устойчиво влажный и умеренно теплый, по климатическому районированию заповедник расположен в переходной полосе между западноевропейским и восточноевропейским районами континентальной области умеренного климата.

В исследование были включены четыре заболоченных экосистемы: болото Пузин мох, ельник сфагново-черничный, болото Хмелевка и Старосельский мох (табл. 1). В пределах каждого болота выделялись наиболее типичные растительные сообщества. В каждом растительном сообществе образцы сфагнума (объемом ~10 см³) для изучения видового состава раковинных амеб отбирали в трех биотопах: кочка (недостаточное увлажнение), ровные участки сфагнума (умеренное увлаж-

нение) и понижения (избыточное увлажнение). Образцы сфагнума помещали в пластиковые пакеты, запечатывали и хранили до лабораторной обработки не более недели. Одновременно с отбором образцов сфагнума проводили описание растительного покрова и измеряли глубину залегания грунтовых вод. Всего для анализа было отобрано 43 образца сфагнума в 18 биотопах.

Таблица 1 – Краткая характеристика, исследованных болотных экосистем

№	Название	Код	Широта	Долгота	Количество проб	Диапазон уровня залегания болот- ных вод, см
1	Старосельский мох	STR	56,46969	33,04707	22	00 - 32
2	Хмелевка	KHM	56.50321	33.05604	4	07 – 30
3	Ельник сфагново- черничный	ELN	56.46195	33.92833	9	00 – 35
4	Пузин мох	PUZ	56.46921	33.99271	8	00 – 34

Приготовление образцов для микроскопирования проводили согласно модифицированной методике, основанной на фильтровании и концентрировании водных вытяжек [4]. Образец помещали в колбу и интенсивно встряхивали для извлечения раковинных амеб. Полученную суспензию фильтровали через сито с размером ячеек 1 мм для удаления крупных частиц, которые могут маскировать раковинных амёб при микроскопировании. Фильтрат отстаивали для осаждения раковинок в течение трех часов. После этого, надосадочную жидкость сливали, а концентрат переносили в мерные цилиндры для дальнейшего концентрирования. Затем надосадочную жидкость аккуратно отбирали пипеткой, чтобы довести объем осадка до 10 мл. Определение видового состава и численности раковинных амеб проводили методом прямого микроскопирования 3 мл концентрата в чашке Петри с использованием микроскопа Биомед-2 при ×60 увеличении. В каждом образце просматривали 150 полей зрения, а затем рассчитывали плотность раковинных амеб на 1 г сухого субстрата. Видовую принадлежность раковинных амеб определяли с помощью определительных ключей Мазея и Цыганова [5]. Для выявления характера различий между локальными сообществами проводили ординацию сообществ методом главных компонент.

Всего в ходе исследования было обнаружено 68 видов и инфравидовых таксонов раковинных корненожек (табл. 2). Наиболее обильно были представлены виды $Hyalosphenia\ papilio\ (22.6\%\ ot\ oбщего\ количества\ oбнаруженных раковинок),\ Nebela\ collaris\ (10.4\%),\ Archerella\ flavum\ (8,7\%),\ Euglypha\ compressa\ (5.5\%)\ Heleopera\ sphagni\ (4,8\%),\ Nebela\ tincta\ (4,7\%).\ Эти\ же виды совместно с Assulina\ muscorum\ характеризуются самой высокой встречаемостью в исследованных биотопах и были обнаружены более чем 50% всех изученных проб. Четырнадцать видов раковинных амеб (Centropyxis elongata, Cyclopyxis kahli, Difflugia acuminata, Difflugia globulosa, Difflugia oblonga, Euglypha cristata, Euglypha laevis, Heleopera petricola, Nebela gracilis, Nebela marginata, Nebela maxima, Padaungiella lagenieformis, Phryganella acropodia, Trninema complanatum) могут быть охарактеризованы как редкие для сфагновых биотопов исследуемой территории, так как были обнаружены лишь в одном образце. Плотность раковинных амеб изменяется в пределах от <math>0,15\ до\ 1,65\times 10^4$ особей на грамм сухого субстрата (среднее значение $0,75\times 10^4$). Количество таксонов в одном образце варьиру-

ется в пределах от 7 до 21 со средним значением 13,5. Видовое разнообразие (индекс Шеннона) и выравненность распределения видов (индекс Пиелоу) изменялись в пределах от 0.81 до 2.73и от 0.35 до 0.94, соответственно.

Количество видов в пределах одной болотной экосистемы варьировалось в пределах от 32 до 51. Наибольшее видовое богатство было отмечено в верховом болоте Старосельский мох, которое является крупной и хорошо развитой болотной экосистемой. Наименьшее видовое богатство обнаружено в болоте Хмелевка, которое является небольшим лесным болотом. При сравнении показателей видового богатства болотных экосистем необходимо учитывать тот факт, что количество образцов, отобранных в болоте Старосельский мох, также было наибольшим, а в болоте Хмелевка – наименьшим. В целом видовой состав и структура сообществ на исследуемой территории является типичной для сфагновых биотопов заболоченных экосистем, расположенных в подзоне южной тайги [2, 3, 7, 8, 9].

Для анализа изменений в видовой структуре сообществ раковинных амеб в зависимости от биотопа была проведена ординация данных методом главных компонент (рис. 1). Первые две главные компоненты (ГК1 и ГК2) объясняют 21% (13% и 8%, соответственно) общей изменчивости в структуре сообществ. Тот факт, что первые две компоненты объясняют незначительную долю всех вариаций видовой структуры, свидетельствует о том, что изменчивость в сообществе определяется несколькими параметрами окружающей среды. При этом изменчивость вдоль первой ГК в большей степени объясняется глубиной залегания болотных вод (рис. 1). Остальными факторами могут быть такие характеристики среды как кислотность, состав растительных сообществ и пр. [13, 14]. Виды типичные для сухих местообитаний (с глубоким уровнем залегания болотных вод) располагаются в правой части диаграммы (рис. 1): Trinema lineare, Trygonopyxis arcula, Assulina muscorum, Assulina seminulum и др. Наиболее гидрофильные виды расположены в левой части диаграммы (рис. 1): Hyalosphenia papilio, Arherella flavum и др.

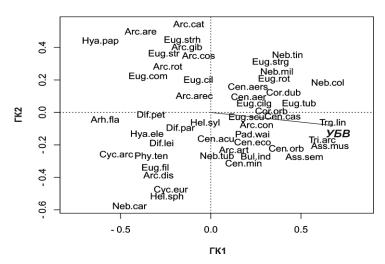


Рисунок 1 – Результаты ординации структуры сообществ методом главных компонент. Виды раковинных амеб показаны на диаграмме аббревиатурой состоящей из трех первых букв родового и видового названия. УБВ – уровень залегания болотных вод, см; ГК1 – первая главная компонента; ГК2 – вторая главная компонента

Таблица 2 – Список видов раковинных амеб, обнаруженных в болотах Центрально-лесного государственного природного биосферного заповедника, с указанием их относительного обилия (% от общего количества обнаруженных особей) во всех исследованных болотных экосистемах вместе и по отдельности, а также их встречаемости (количество образцов)

	Относи-	Встреча-	Относительное обилие, %			
Вид	тельное обилие, %	емость, образцов	Ельник сфагново- черничный	Хме- левка	Пузин мох	Старосель- ский мох
Arcella arenaria	3.43	19	2.9	0.7	9.8	1.9
Arcella arenaria compressa	0.1	2	0.2	0.0	0.3	0.0
Arcella artocrea	0.35	6	0.1	0.0	0.3	0.5
Arcella catinus	2.28	21	3.6	0.0	5.6	0.9
Arcella conica	0.09	2	0.0	0.0	0.2	0.1
Arcella costata	0.67	9	0.5	0.0	1.0	0.7
Arcella discoides	0.12	2	0.0	0.0	0.0	0.2
Arcella gibbosa	0.55	9	0.9	0.0	1.0	0.3
Arcella rotundata	0.21	3	0.0	0.0	0.6	0.2
Archerella flavum	8.72	22	6.3	30.3	0.9	9.2
Argynnia dentistoma	0.12	2	0.0	0.6	0.4	0.0
Assulina muscorum	4	31	2.5	9.0	3.5	4.1
Assulina seminulum	1.05	17	0.5	1.1	1.4	1.2
Bullinularia indica	0.08	2	0.0	0.0	0.0	0.2
Centropyxis aculeata	0.49	5	0.0	0.0	0.4	0.8
Centropyxis aerophila Centropyxis aerophila	0.15	2	0.6	0.0	0.0	0.0
sphagnicola	0.05	2	0.2	0.2	0.0	0.0
Centropyxis cassis	0.04	2	0.1	0.2	0.0	0.0
Centropyxis ecornis	0.24	2	0.0	0.3	1.2	0.0
Centropyxis elongata	0.03	1	0.0	0.0	0.2	0.0
Centropyxis minuta Centropyxis	1.14	12	2.1	0.0	0.7	1.0
orbicularis	0.87	11	0.0	1.7	1.2	1.0
Corythion dubium	0.63	11	1.5	0.6	0.8	0.2
Corythion orbicularis	0.06	3	0.2	0.0	0.1	0.0
Cyclopyxis arcelloides	0.83	7	0.0	0.0	1.3	1.2
Cyclopyxis eurystoma	1.75	12	0.0	0.2	2.2	2.6
Cyclopyxis kahli	0.06	1	0.0	0.0	0.0	0.1
Difflugia acuminata	0.05	1	0.0	0.0	0.0	0.1
Difflugia globulosa	0.49	1	0.0	0.0	0.0	0.9
Difflugia leidyi	0.27	3	0.0	0.0	0.0	0.5
Difflugia oblonga	0.06	1	0.0	0.0	0.0	0.1
Difflugia parva	0.24	2	0.0	0.0	0.0	0.5
Difflugia petricola	0.79	5	0.2	0.0	0.3	1.3

XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего _{плюс}

Euglypha ciliata Euglypha ciliata	1.12	16	0.9	0.5	1.6	1.2
glabra	1.36	18	0.6	0.6	1.7	1.7
Euglypha compressa	5.47	27	1.8	6.0	11.3	5.0
Euglypha compressa glabra	2.79	23	0.8	1.8	2.4	4.0
Euglypha cristata	0.09	1	0.0	0.0	0.0	0.2
Euglypha filifera	0.67	4	0.0	0.0	0.0	1.3
Euglypha laevis	0.03	1	0.0	0.4	0.0	0.0
Euglypha rotunda	0.55	9	0.7	0.2	1.6	0.2
Euglypha scutigera	0.09	3	0.0	0.2	0.2	0.1
Euglypha strigosa	0.32	2	1.4	0.0	0.0	0.0
Euglypha strigosa glabra Euglypha strigosa	0.47	8	0.9	0.7	1.0	0.1
heterospina strigosa	0.15	2	0.7	0.0	0.0	0.0
Euglypha tuberculata	0.56	9	1.0	1.1	0.6	0.3
Heleopera petricola	0.05	1	0.2	0.0	0.0	0.0
Heleopera sphagni	4.77	17	0.4	0.3	3.1	7.9
Heleopera sylvatica	4.11	24	4.8	5.2	2.1	4.3
Hyalosphenia elegans	1.79	11	0.9	0.0	0.0	3.1
Hyalosphenia papilio	22.62	28	34.0	7.8	15.3	22.3
Nebela carinata	1.44	6	0.0	0.0	0.0	2.8
Nebela collaris	10.38	38	8.6	8.3	16.6	9.4
Nebela gracilis	0.05	1	0.2	0.0	0.0	0.0
Nebela marginata	0.04	1	0.0	0.0	0.0	0.1
Nebela maxima	0.05	1	0.0	0.0	0.3	0.0
Nebela militaris	2.1	21	4.5	1.9	1.3	1.3
Nebela tincta	4.69	28	10.5	4.2	6.1	1.7
Nebela tubulosa Padaungiella	0.14	4	0.0	0.3	0.0	0.2
lageniformis	0.04	1	0.0	0.0	0.0	0.1
Padaungiella tubulata	0.07	2	0.0	0.0	0.0	0.1
Padaungiella wailesei Phryganella	0.41	3	0.0	4.9	0.2	0.0
acropodia	0.11	1	0.0	1.4	0.0	0.0
Physochilla tenella	0.21	2	0.0	0.0	0.0	0.4
Placocista spinosa	0.1	2	0.2	0.0	0.0	0.1
Trigonopyxis arcula	1.03	17	0.4	2.5	0.8	1.2
Trinema complanatum	0.22	1	0.0	2.9	0.0	0.0
Trinema lineare	1.89	19	4.0	4.2	0.8	1.0
Общее количество видов			37	32	40	51
		_				

Примечание: Жирным шрифтом выделены значения относительного обилия выше 5%.

Результаты настоящей работы показывают, что раковинные амебы являются обильным и разнообразным компонентом в болотных экосистемах, расположенных в подзоне южной тайги. В исследованных сообществах доминантными видами являются типичные сфагнобионтные и эврибионтные виды раковинных амеб, для которых характерно широкое географическое распространение. Выявленные доминанты были прежде обнаружены как в тайге, так и в других природно-климатических зонах. Для исследованных сообществ характерна высокая доля редких видов. Основную роль в дифференциации сообществ в исследованных экосистемах играют особенности гидрологического режима.

Список литературы

- 1. Бобров А.А. Эколого-географические закономерности распространения и структуры сообществ раковинных амеб: дис. ... д-ра биол. наук. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1999. 341 с.
- 2. Бобров А. А., Коробов Е. Д., Дорофеева Е. И., Трофимов С. Я. К характеристике почвенной мезо- и нанофауны ненарушенных ельников Центрально-лесного государственного биосферного заповедника // Вестник Московского университета. 1994. Т. 17, № 2. С. 44—52.
- 3. Корганова, Г. А. Почвенные раковинные амебы (Protozoa, Testacea): фауна, экология, принципы организации сообществ: дис. ... д-ра биол. наук. М.: ИПЭЭ РАН, 1997. 343 с.
- 4. 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.
- 5. Мазей Ю. А., Цыганов А. Н. Пресноводные раковинные амёбы. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2006. 300 с.
- 6. Мазей Ю.А., Цыганов А.Н. Изменение видовой структуры сообществ раковинных амеб вдоль средовых градиентов в сфагновом болоте, восстанавливающемся после выработки торфа // Поволжский экологический журнал. $2007. \mathbb{N} \ 1. C. \ 24-33.$
- 7. Мазей Ю.А., Цыганов А.Н., Бубнова О.А. Структура сообщества раковинных амёб в заболоченных биотопах южной тайги Европейской части России // Успехи Современной Биологии. 2009. Т. 129, № 1. С. 66—77.
- 8. Рахлеева А., Седова Т. Почвенные беспозвоночные (мезофауна) заболоченных ельников южной тайги (Центрально-Лесной заповедник, Тверская обл.) // Russian Entomological Journal. -2002. -T. 11, № 1. -C. 93-100.
- 9. Bobrov A.A, Minaeva T. Yu. Indication capacity of testate amoebae (Protozoa: Testacea) and Sphagnum species // Proceedings of the 11th International Peat Congress. Quebec, Canada, 2000. P. 6–17.
- 10. Foissner W. Soil protozoa: fundamental problems, ecological significance, adaptations in Ciliates and Testateceans, bioindicators and guide to the literature // Progress in Protistology. 1987. T. 2. C.69–212.
- 11. Mitchell E.A.D., Buttler A.J., Grosvernier P., Rydin H., Albinsson C., Greenup A.L. u \(\partial p\). Relationships among testate amoebae (Protozoa), vegetation and water chemistry in five Sphagnum-dominated peatlands in Europe // New Phytologist. 2000. T. 145. C. 95–106.
- 12. Opravilovà V., Hàjek M. The variation of testacean assemblages (Rhizopoda) along the complete base-richness gradient in fens: a case study from the Western Carpathians // Acta Protozoologica. 2006. T. 45. C.191–204.

- 13. Tolonen K., Warner B.G., Vasander H. Ecology of testaceans (Protozoa: Rhizopoda) in mires in southern Finland 1. Autecology // Archiv für Protistenkunde. 1992. T. 142. C. 119–138.
- 14. Tolonen, K., Warner, B. G., Vasander, H. (1). Ecology of Testaceans (Protozoa, Rhizopoda) in Mires in Southern Finland .2. Multivariate-Analysis. Archiv für Protistenkunde. 1994. T. 144. C. 97–112.

УДК 582.84

ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ КУЛЬТУР КСИЛОТРОФНЫХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

- © **С.А. Сашенкова**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- © **Г.В. Ильина,** Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- © **Д. Ю. Ильин,** Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

ESTIMATION OF THE COMPETITIVENESS OF XYLOTROPHIC BASIDIOMYCETES MYCELIAL CULTURES IN LABORATORY TERMS

- © S.A. Sashenkova, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
 - © G.V. Ilyina, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
 - © **D.U. Ilyin**, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)

Статья посвящена изучению конкурентоспособности мицелиальных культур базидиальных грибов ксилотрофов при совместном культивировании на питательных средах. Приводятся результаты изучения конкурентоспособности видов, вызывающих белую и бурую гниль древесины. Изучена устойчивость мицелиальных культур базидиомицетов в отношении плесневых грибов рода Penicillium, Fusarium, Trichoderma, актиномицетов рода Streptomyces и бактерий родов Staphylococcus, Escherichia и Streptococcus sp.. Показана возможность использования витаминных добавок для повышения конкурентоспособности штаммов при длительном хранении мицелиальных культур.

Ключевые слова: базидиальные грибы ксилотрофы, мицелиальные культуры, питательные среды, совместное культивирование, конкурентоспособность, контаминанты.

The article is devoted to the study of the competitiveness of mycelial cultures of basidiomycetes xylotrophic at joint cultivation on nourishing media. The results of studying competitiveness of species, causing white and brown rot wood is contains. The stability of cultures xylotrophic basidiomycetes towards fungis of sorts of Penicillium, Fusarium, Trichoderma, actinomycetes of sorts Streptomyces and bacteria of sorts of Staphylococcus, Escherichia, Streptococcus is studied. Possibility of the use of vitamin additions is shown for the increase of competitiveness of stamms at the protracted storage of mycelial cultures.

Key words: basidiomycetes xylotrophic, mycelial culture, culture media, joint cultivation, competitiveness, contamination.

Изучение природного потенциала базидиальных грибов макромицетов — одно из актуальных направлений исследований современной микологии и биотехнологии. Работы, посвященные вопросам культивирования грибов с ценными свойствами, касаются оценки возможности их использования в пищевых и лечебно-профилактических целях [9,12,13]. В тоже время при культивировании мицелия существует возможность потери штамма в результате загрязнения посторонней микрофлорой. Поэтому изучение конкурентоспособности видов и штаммов базидиальных грибов представляет практический интерес, как для

биотехнологических производств, так и лабораторий, занимающихся хранением коллекций мицелиальных культур.

Несомненно, научный интерес имеет изучение форм биотических взаимодействий грибов разных таксономических и трофических групп в экосистемах. Некоторые авторы [1,2,6,10,11] указывают на существование сложных взаимодействий внутри микобиоты. В то же время этот вопрос остается пока мало изученным. Исследование этих взаимодействий в лабораторных условиях рассматривается в качестве одного из направлений, так как позволяет использовать такой метод, как совместное культивирование на питательных средах.

Используя общепринятые методики [3,5,7,10], проводилась оценка конкурентоспособности 4-х видов 8 штаммов ксилотрофных базидиомицетов, отличающихся трофической специализацией и скоростями роста на агаризованных питательных средах. В качестве объектов исследования использовали: по 2 штамма (Gl+,GD-10) трутовика лакированного (Ganoderma lucidum (Curtis: Fr.) P. Karst.) и (Gp -7, Gp-11) трутовика плоского (Ganoderma lipsiense (Batsch) G. F. Atk., Ann.), в основном использующих в качестве источника питания лигнин и вызывающих белую гниль; 2 штамма (Ls-5, Ls-28) трутовика серно-желтого (Laetiporus sulphureus (Bull.iFr. Murrill)), использующих пре-имущественно целлюлозу и вызывающих бурую гниль; 2 штамма (PL-11, PL-15) вешенки устричной (Pleorotus ostreatus (Fr.) Китт.), использующих, как лигнин, так и целлюлозу и вызывающих смешанную гниль.

По отношению к конкурентной микрофлоре, кроме перечисленных видов и штаммов, использовали также штаммы трутовика зонтичного (Grifola frondosa (Dicks.) Gray), (Polyporus umbellatus (Pers.) Fr.) и спарассиса курчавого (Sparassis crispa (Wulfen) Fr.), известных своими лечебнопрофилактическими свойствами и имеющими статус редких видов в составе микобиоты в Пензенской области [8, с 15].

При совместном культивировании на картофельно-глюкозном агаре разных по скорости роста штаммов ксилотрофных базидиомицетов одного вида установлено снижение интенсивности роста в среднем в 1,1-1,3 раза. При этом граница раздела между колониями не образуется, что указывает на отсутствие антибиоза, но также не отмечается взаимного нарастания мицелия. Таким образом, быстрорастущие и медленнорастущие штаммы одного вида не подавляют друг друга, а снижение скорости роста объясняется внутривидовой конкуренцией.

Сравнивая конкурентоспособность штаммов разных видов, вызывающих белую и бурую гнили, при совместном культивировании установлено, что последние существенно уступают по этому показателю. Так, если при совместном культивировании с трутовиком серно-желтым скорость роста штаммов трутовика лакированного быстрорастущего и медленно-растущего составляла по отношению к контролю 66% и 43 %, то у штаммов трутовика плоского – 90% и 60%, соответственно. В этом случае скорость роста штаммов трутовика серно-желтого составляла, соответственно, 43% и 32% в отношении трутовика лакированного, 39% и 35% в отношении трутовика плоского. В литературе [10, с 193] имеются сведения, что грибы белой гнили частично используют целлюлозу, что, вероятно, обуславливает их большую экологическую валентность и способствует повышению конкурентоспособности. Кроме того, почти во всех вариантах отмечалось в разной степени выраженное нарастание штаммов трутовиков лакированно-

го и плоского на мицелий трутовика серно-желтого, хотя полного подавления не регистрировалось. В отношении штаммов вешенки устричной установлено, что скорость роста при выращивании с трутовиками, вызывающими белую гниль, снижается и составляет по отношению к контролю 80-61%, что выше, чем в вариантах с трутовиком серно-желтым. В тоже время скорость роста штаммов вешенки при культивировании с трутовиком серно-желтым снижается в среднем на 5-10%, образуется граница раздела, но через некоторое время культура вешенки нарастает на колонию трутовика. Таким образом, трутовики белой гнили оказываются более конкурентоспособными по отношению к другим ксилотрофным базидиомицетам.

В цикл лабораторных экспериментов по изучению конкурентоспособности по отношению к мезофильным быстрорастущим культурам и плесневым грибам родов Penicillium, Fusarium, Trichoderma, актиномицетам рода Streptomyces и бактериям родов Staphylococcus, Escherichia и Streptococcus sp. были дополнительно включены три природных изолята *G. lucidum* (штаммы Gl+, GD-10, GM-11), три изолята *S.crispa* (штаммы SC-10, AИ-10, AИ-11), изолят *G. frondosa* (штамм Grf-11). Методом прямых пассажей проводилось искусственное заражение культур базидиомицетов контаминантами.

В ходе экспериментов были выявлены разные уровни конкурентоспособности у разных видов и на разных стадиях развития. Культура штамма Grf-11 трутовика зонтичного (*G. frondosa*) после искусственной контаминации долгое время сосуществовала с большинством конкурентов. При этом культура гриба не погибает, но ослабляется, и не способна к самоочищению. Во всех вариантах результатом было получение устойчивых смешанных культур. При длительном совместном развитии, при очень низких скоростях роста культура штамма Grf-11 *G. frondosa* перекрывала колонии, например, актиномицетов, подавляя их развитие, однако культура оставалась совместной, и последующие пассажи приводили к росту контаминанта.

Эксперименты по искусственной контаминации культур, принадлежащих к виду спарассис (*S.crispa*) показали, что плесневая микрофлора затормаживает развитие культур всех изученных штаммов в лаг-фазе и тропофазе, но к наступлению идиофазы рост контаминанта полностью подавляется. Такие особенности можно рассматривать как иллюстрацию взаимодействия видов по типу «эксплерентвиолент». Совместное выращивание прочих изолятов вида *S.crispa* поочередно с различными представителями контаминантной микрофлоры, как актиномицетами, так и истинными бактериями позволило получить сходные по существу результаты. Так, в ходе серии экспериментов с разными контаминантами неоднократно было установлено самостоятельное полное очищение культур *S.crispa*. Последующие пассажи такой культуры и проведение микробиологического контроля подтвердили чистоту культуры. Это свидетельствует в пользу имеющихся в литературе сведений о выраженном антибиотическом действии спарассола - метаболита *S.crispa* [4,13] (http://healing-mushrooms.net).

При совместном выращивании с культурами контаминантов штаммов Ganogerma lucidum установлена зависимость конкурентоспособности от фаз роста культуры. Так в период лаг-фазы штаммы G. lucidum имеют низкую конкурентоспособность и их развитие легко подавляется плесневыми грибами, причем самым агрессивным конкурентом оказалась культура рода Trichoderma sp.. Однако заражение контаминантом чистых культур ганодермы лакированной, находящихся на логарифмической или стационарной стадии роста, приво-

дило к остановке роста плесневых грибов. Из полученных результатов следует, что синтез веществ антибиотической природы в мицелии *G. lucidum* активизируется на этапе стабилизации развития культуры и, возможно, зависит от накопления культурой метаболитов, обеспечивающий триггерный эффект. В результате экспериментов установлено, что при совместном выращивании развитой культуры *G. lucidum* с контаминантами, отмечается формирование четкой разделительной зоны между колониями (рис. 1), при этом штаммовые отличия находились в пределах ошибки.

При культивировании с плесневыми грибами Penicillium sp. установлено, что скорость роста штаммов ганодермы лакированной снижается на 45 – 50%, трутовика плоского на 40–45 %, вешенки устричной на 48–76 %, причем медленнорастущие штаммы в этом случае оказываются и менее устойчивыми, значительно снижая или полностью останавливая рост.

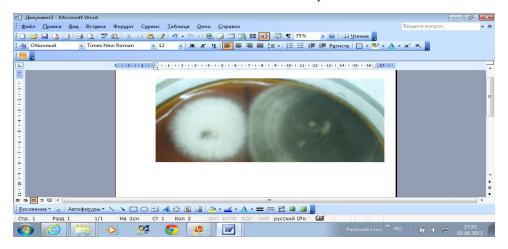


Рисунок 1 — Совместное культивирование штамма Gl+ G. lucidum (слева) и культуры Penicillium sp. (справа), инокуляция контаминантом проведена на 3-и сутки роста базидиомицета

Наиболее устойчивым и конкурентоспособным к плесневым грибам оказался трутовик серно-желтый, штаммы которого снижали скорость роста на 33 – 40 %. При этом отмечалась граница раздела и остановка роста плесневого гриба. Интересно отметить, что в этом случае на границе раздела регистрировалось повышенное образование пигмента штаммами трутовика серно-желтого.

При совместном выращивании штаммов трутовика серно-желтого (Laetiporus sulphureus) с бактериальными колониями отмечается формирование четкой разделительной зоны между ними. Ширина этих зон варьировала от $3,2\pm0,04\,$ до $5,3\pm0,11\,$ мм, при этом штаммовые отличия находились в пределах ошибки. На этом фоне обнаружено, что антимикробная активность экстрактов глубинного мицелия у разных штаммов неоднозначна. Так, зоны угнетения роста культуры $Staphylococcus\ aureus\$ под действием диффундирующих в агар экстрактов мицелия штаммов Ls-5, Ls-28 составили, мм: $5,11\pm0,26$ и $9,21\pm0,91$ соответственно. Зона угнетения роста культуры $Escherichia\ coli\$ экстрактами разных штаммов составила (в том же порядке), мм: $7,11\pm0,26$ и $11,52\pm0,54$ соответственно. Полученные данные свидетельствуют об антимикробной активности штаммов в отношении как грамположительных, так и грамотрицательных

бактерий. В эксперименте со штаммами трутовика серно-желтого установлена положительная корреляционная зависимость между антимикробной активностью штаммов и пигментацией плодовых тел и мицелия, то есть интенсивностью синтеза каротиноидов. Это также может свидетельствовать о вероятности, возможно даже и косвенной связи продукции метаболитов с антимикробными свойствами и синтеза таких вторичных метаболитов, как каротиноидные пигменты. Данное направление, безусловно, требует проведения дополнительных исследований, подразумевающих расширение спектра как грибных штаммов, так и бактериальных тест-объектов, а также оценку активности продуцента в сравнении с фармакопейными антибиотиками.

В отношении грамм положительных бактерий Streptococcus sp. штаммы ганодермы лакированной (*G. lucidum*) снижали рост на 25–30 %, но подавляли колонии бактерий. Штаммы вешенки (*Pleorotus ostreatus*) снижали рост на 15–58 %, причем подавление колоний бактерий регистрировалось только у быстрорастущего штамма, взятого в эксперимент. Скорость роста штаммов трутовика серно-желтого (*Laetiporus sulphureus*) также снижалась на 15–20 %, при этом отмечалось частичное подавление бактериальных колоний.

Наименьшую конкурентоспособность штаммы ксилотрофных базидиомицетов *Ganoderma lucidum, Pleorotus ostreatus* и *Laetiporus sulphureus* показали по отношению к граммотрицательным бактериям Streptococcus sp. У всех штаммов скорость роста снижалась на 80–90 %. Причем рост мицелия базидиомицетов прекращался уже на 1-3 сутки после внесения контаминанта. Однако, необходимо отметить, что и гибели мицелия грибов ксилотрофов в этом случае не наблюдалось.

В ходе выращивания мицелиальных культур ксилотрофных базидиомицетов на питательных средах, обогащенных витаминами группы В установлено повышение устойчивости к плесневым грибам и бактериальным загрязнениям. Так, штаммы, выращенные на среде с добавлением витамина B_1 и B_6 , при пересеве и совместном культивировании с плесневыми грибами Penicillium sp. менее существенно снижали скорость роста и демонстрировали большую конкурентоспособность. Таким образом, при длительном хранении мицелиальных культур на средах, обогащенных витаминами B_1 и B_6 повышается устойчивость штаммов к посторонней микрофлоре.

Список литературы

- 1. Бондарцева, М.А. Эколого-биологические закономерности функционирования ксилотрофных базидиомицетов в лесных экосистемах // Грибные сообщества лесных экосистем: материалы координац. исслед. М.: Петрозаводск: Изд-во КНЦ РАН, 2000. С. 9-25.
- 2. Бурова, Л.Г. Экология грибов макромицетов / Л.Г. Бурова. М.: Наука, 1986. 222 с.
- 3. Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. Киев: Наукова думка, 1998. 176 с.
- 4. Васильков, Б.П. Съедобные и ядовитые грибы средней полосы европейской части России / Б.П.Васильков. СПб.: Наука. 1995. 162с.
- 5. Дудка, И.А. Методы экспериментальной микологии (справочник)/ Дудка И.А., Вассер С.П. Киев: Наукова думка, 1982. 552 с.
- 6. Ильина, Г.В. Эколого-физиологический потенциал природных изолятов ксилотрофных базидиомицетов. Автореферат диссертации на соискание уче-

- ной степени доктора биологических наук. / Г.В. Ильина Саратов: Типография Саратовского университета, 2011. 46 с.
- 7. Ильина, Г.В. Проблемы сохранения видов ксилотрофных базидиомицетов, занесенных в Красную книгу Пензенской области / Г.В.Ильина, Д.Ю.Ильин, М.И.Морозова, А.И.Иванов, Л.В.Гарибова. Нива Поволжья. 2012. № 4(25). С. 20-26.
- 8. Ильина, Г.В. Ксилотрофные базидиомицеты в чистой культуре / Г.В. Ильина, Д.Ю. Ильин: монография. Пенза: РИО ПГСХА, 2013. 206 с.
- 9. Краснопольская, Л.М. Система скрининга экстрактов базидиальных грибов, обладающих противоопухолевой активностью / Л.М. Краснопольская, И.В. Белицкий, А.В. Автономова. — Успехи медицинской микологии.— 2005. — Т. 5.— С.192-195.
- 10. Рипачек, В. Биология дереворазрушающих грибов / В. Рипачек М: Лесная промышленность, 1967. 276 с.
- 11. Kalamees K. The role of fungal groupings in the structure of ecosystems // Eesti NVS Teaduste Akadeemia Tiometised. Köide Bioloogia. 1979. Vol. 28, № 3. Р. 206-213 (Известия АН ЭССР. Биология, 1979. Т. 28, № 3. С. 206-213.
- 12. Sliva, D. Ganoderma lucidum in cancer research / D. Sliva. Leuk. Res.–2006.– V.30. P.767-768.
- 13. Smith, J.E. Medicinal mushrooms: their therapeutic properties and current medical usage with special emphasis on cancer treatments/ J.E. Smith, N.J. Rowan, R. Sullivan.— Glasgow: University of Strathclyde, 2002. 256 p.

УДК 635.82:504.06(470.40)

ВЛИЯНИЕ СПИЧЕЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СОСТОЯНИЕ ЭКОСИСТЕМ И БИОКОНВЕРСИЯ ЕГО ОТХОДОВ ВЕШЕНКОЙ ЛИМОННОШЛЯПКОВОЙ

© **Е.Г. Куликова**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

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

THE INFLUENCE OF MATCH PRODUCTION TO THE STATUS OF ECOSYSTEMS AND BIOCONVERSION OF WASTE BY THE OYSTER LIMONOGLACIAL

© E. G. Kulikova, Penza State Agricultural Academy © O.A. Logvina, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Спичечное производство в Пензенской области имеет 150-летнюю историю. В технологическом процессе наряду с деревообработкой используются токсичные вещества. В прилегающих экосистемах произошло накопление фосфора до 1260, калия — до 600 и серы — до 20 мг/кг почвы. Исследование фитотоксичности почвы показало, что энергия прорастания и всхожесть салата листового увеличивались по мере удаления от спичечной фабрики на 13,2 и 6,8 % соответственно. Масса проростков также была на 86,9 % ниже, чем на дистиллированной воде и в 2,17 раза — чем на родниковой. Около 12 % отходов спичечного производства V класса опасности составляют опилки лиственных пород деревьев, которые могут являться субстратом для культивирования базидиальных грибов. Выход вешенки лимонношляпковой на опилках и на субстрате из их смеси с соломой составил 13,0-14,3%.

Ключевые слова: спичечное производство; накопление в почвах экосистем фосфора, калия, серы; фитотоксичность; биоконверсия отходов; вешенка лимонношляпковая.

Matches factory in Penza region has a 150-year history. In the process, along with woodworking toxic substances are used. In the surrounding ecosystems has been the accumulation of phosphorus up to 1260, potassium 600 and sulfur up to 20 mg/kg of soil. The study of soil phytotoxicity showed that the germination energy and germination of lettuce leaf was increased as the distance from the match factory 13.2 and 6.8%, respectively. Weight of seedlings was 86.9 per cent lower than in distilled water and 2.17 times higher than in spring. About 12% of the waste match production V hazard class are sawdust of deciduous trees, which can be a substrate for the cultivation of basidiomycetes. The output of the oyster limonoglacial on sawdust and substrate mixtures thereof with straw made up 13.0-14.3 per cent.

Key words: match manufacture; accumulation in soil ecosystems, phosphorus, potassium, sulfur; phytotoxicity; bioconversion of waste; oyster lionnelleana.

E-mail: kuleg@mail.ru

Ещё в середине XIX-го века в Пензенской губернии зародилось примитивное спичечное производство. ООО Спичечная фабрика «Победа» Н-Ломовского района Пензенской области одно из ведущих предприятий спичечной промышленности России, имеющее 150 летнюю историю. Наряду с деревообработкой в технологическом процессе на нем используются токсичные вещества: фосфор красный (а ранее белый), соль бертолетова, сера, калия бихромат и другие. Несомненно, что такой большой период эксплуатации данного предприятия не мог не отразиться на состоянии прилегающих экосистем. Еще в начале 20 века отмечалось, что рабочие серно-спичечных фабрик страдали общим расстройством питания; наблюдались частые бронхиты, воспаления легких, туберкулез; многие из них отличались худобой и бледностью кожных покровов. В спичечных районах их называли "глиняными" людьми.

В настоящее время функционирование деревообрабатывающей промышленности сопровождается образованием многотоннажных отходов. Большая их часть, являясь экологическим балластом предприятий деревопереработки, вывозится на свалки, создавая существенную техногенную нагрузку на окружающую среду, или сжигается [4].

В то же время, большая часть образующихся на предприятии отходов может быть успешно использована при производстве сельхозпродукции. Опилки лиственных пород деревьев могут являться субстратом для культивирования базидиальных грибов, выращивание которых в нашей стране в последе время набирает обороты. Зола, получаемая при сжигании твердых видов биотоплива, содержит большое количество питательных веществ, что привлекательно с точки зрения использования её в почве. Использование древесного зольного остатка в нашей стране в промышленных масштабах является малораспространенным способом повышения плодородия почвы и имеет место в основном в личных подсобных хозяйствах. Между тем это ценное калийно-фосфорное удобрение, содержащее около 30 микроэлементов, способное за счет входящей в ее состав извести подщелачивать почву, что в нашей области является также актуальным.

Целью работы являлось изучение влияния ООО Спичечная фабрика «Победа» Н-Ломовского района Пензенской области на состояние экосистем и эколого-экономическая оценка способов утилизации образующихся на предприятии отходов, пригодных для использования при производстве сельхозпродукции. Задачи исследований:

• изучить влияние спичечной фабрики на агрохимические свойства почв прилегающих экосистем и содержание в них тяжелых металлов;

- определить фитотоксичность изучаемых почв, ее влияние на энергию прорастания, всхожесть семян и ростовые процессы салата листового;
- изучить объем образующихся на ООО Спичечная фабрика «Победа» отходов V класса опасности, пригодных для использования в сельском хозяйстве;
- изучить возможность использования образующихся на предприятии опилок при выращивании вешенки лимонношляпковой.

Почва для анализа влияния спичечного производства на состояние экосистем отбиралась с ранее определенных площадок размером 30 x 80 м, которые располагались на расстоянии 500 м, 1 и 4 км от исследуемого объекта из слоя 0-15 см в четырехкратной повторности на каждом расстоянии.

В лабораторном опыте изучали фитотоксичность почвы, ее влияние на: энергию прорастания, всхожесть семян и ростовые процессы салата листового. Водную вытяжку из почвы, отобранной с разного расстояние от изучаемого объекта, наносили разбрызгиванием на фильтровальную бумагу и между ее слоями проращивали семена культуры в чашках Петри, при температуре 18°C.

Изучение возможности использования образующихся на предприятии опилок при выращивании вешенки лимонношляпковой (Pleurotus citrinopileatus) проводилось в лабораторных условиях ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА». Схема опыта: 1. Контроль — пшеничная солома; 2. Пшеничная солома+ опилки лиственных пород (в равном соотношении); 3. Опилки лиственных пород. Опыт проводился в трёхкратной повторности.

Почвы исследуемых участков, прилегающих к спичечной фабрике — черноземы выщелоченные среднесуглинистые, слабогумусированные (табл.1), которые характеризовались низкой степенью обеспеченности щелочногидролизуемого азота и очень высокой — фосфором, калием и серой; по степени кислотности, определяемой в солевой вытяжке — близкие к нейтральным.

Таблица 1 – Агрохимические показатели почв экосистем

Расстоя- ние от	•	Гумус,	Азот	Фосфор	Калий	Cepa	
объекта, м	pH _{KC1}	% %	мг/кг почвы				
4000	5,7	5,3	150	530	220	12	
1000	6,4	4,6	129	616	450	16	
500	6,3	4,6	80	1260	600	20	

Одним из показателей, характеризующих подверженность почв техногенным воздействиям, является эколого-геохимическая устойчивость, которая определяется кислотно-щелочными условиями и величиной ППК. Полученные данные свидетельствуют о высокой устойчивости исследуемых почв к техногенному загрязнению [2].

Результаты исследований показали, что с удаленностью от объекта техногенеза в почве увеличивается содержание гумуса с 4,6 до 5,3 %, что возможно связано с некоторой почвенной разностью и щелочногидролизуемого азота с 80 до 150 мг/кг почвы; снижается величина р $H_{\rm con}$ – с 6,3 до 5,7, фосфора – с 1260 до 530, калия – с 600 до 220 и серы – с 20 до 12 мг/кг почвы.

По исследованиям областной опытной станции содержание фосфора более 800 мг/кг может вызвать зафосфачивание почвы. Повышенные концентрации фосфора в почве могут блокировать поступление в растения калия, железа, цинка, меди и других важнейших элементов питания и, как следствие этого, вызвать хлороз и приостановку роста растений.

Признаки избыточного содержания фосфора в почвах – образование маленьких, искривленных листьев, хлороз между жилками и пожелтение листьев, появление на них ожогов и пятен, большая корневая система, обильное цветение, слабый рост побегов или его отсутствие, раннее созревание плодов, опадение листьев.

Признаки избытка калия в почвах — ожоги по краям листьев, их светлозеленая окраска, растения имеют увядший и поникший вид (благодаря плохому всасыванию воды); плоды толстошкурые с пониженным содержанием сахара и кислот.

Соединения серы относятся к числу наиболее опасных (по масштабам загрязнения и вызываемых ими последствий) загрязнителей среды. В связи с многовалентностью сера образует значительное количество соединений, претерпевает в природной среде физико-химические превращения, качественно меняющие свойства и характер влияния загрязняющего вещества на различные компоненты природы.

Сернистый ангидрид назван в перечне загрязняющих веществ ЮНЕЛ "загрязнителем Г», и связано это не только с непосредственной опасностью этого газообразного соединения для человека, биоты, архитектурных памятников и различных материалов, но и с тем, что его поступление в природную среду лишь первый этап физико-химических превращений серы, в результате которых образуются сульфат-аэрозоли и серная кислота, выпадают кислотные осадки [1]. В присутствии сульфатов усиливается потеря питательных элементов и миграция тяжелых металлов [6].

Исследования содержания соединений ТМ в почвах позволяет оценить поступление их в растения. Доступность химических веществ растениям определяется их запасом в почве, скоростью десорбции из твердых фаз в жидкие, концентрацией в почвенном растворе.

Исследуемые почвы, прилегающие к спичечной фабрике, используются для выращивания местными жителями овощных культур. Анализ содержания в них валовых форм тяжелых металлов не выявил превышения ориентировочно допустимых концентраций, но показал значительное их снижение с удаленностью от спичечной фабрики.

Для более полной характеристики исследуемых почв мы проводили исследование ее фитотоксичности с определением энергии прорастания и лабораторной всхожести семян салата листового. Использование растений-индикаторов позволяет судить о степени вредности тех или иных веществ и элементов для биоты и человека, определить пути их миграций и аккумуляции в компонентах ландшафтов [3]. В качестве контроля использовались дистиллированная и родниковая вода, т.к. на ростовые процессы могут повлиять как присутствие токсичных веществ, так и отсутствие элементов питания (табл. 2).

стово	ОГО				
№ п/п	Расстояние от объекта, м	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина про- ростков, см	Масса 100 растений, г
1	Контроль (родниковая вода)	38,2	94,7	5,3	1,26
2	Контроль (дистиллир. вода)	38,0	82,0	5,2	1,10
3	4000	37,7	81,2	5,3	1,38
4	1000	34,3	79,2	4,3	1,31
5	500	33,3	76,0	2,9	0,58

Таблица 2 – Влияние токсичности почв на ростовые процессы салата лиового

Из данных таблицы видно, что энергия прорастания и всхожесть салата листового увеличивались по мере удаления от спичечной фабрики на 13,2 и 6,8 % соответственно. Разница результатов к дистиллированной воде составила — 0,9-7,7 %, к родниковой — 16,6-24,6%. Наименьшая длина проростков растений была отмечена на вытяжке из почвы, взятой на расстоянии 500 м от спичечной фабрики, что на 79,3–82,7 % меньше, чем контрольных растений.

Масса проростков также была наименьшей на вытяжке из почвы, взятой на расстоянии 500 м от спичечной фабрики, что на 86,9 % ниже, чем на дистиллированной воде и в 2,17 раза — чем на родниковой. Это говорит о достаточно высокой токсичности почвы для растений салата листового. А поскольку исследуемые показатели увеличиваются по мере удаления от спичечной фабрики, то из этого следует вывод, что именно она является источником токсичных для растений веществ.

В результате производства спичек на предприятии образуется большое количество отходов V класса опасности. Опилки лиственных пород деревьев в количестве 3472,2 т/год сжигаются в котельной вместе с несортированными древесными отходами из натуральной чистой древесины. Образовавшуюся золу древесную и соломенную в количестве 36,7 т/год вывозят на полигон ТБО. Между тем они могут успешно использоваться для производства сельскохозяйственной продукции [4].

Около 12 % отходов спичечного производства V класса опасности составляют опилки лиственных пород деревьев. Переработка лигноцеллюлозного сырья в субстраты для выращивания съедобных грибов является частью современной стратегии рационального использования отходов сельского хозяйства и лесной промышленности.

Растительная биомасса — возобновляемый и легкодоступный источник сырья. Основные ее компоненты — целлюлоза (2/3), крахмал, гемицеллюлоза, лигнин. Лигнин — высокомолекулярный нерастворимый трехмерный неупорядоченный ароматический полимер. Целлюлоза — высокомолекулярный нерастворимый полимер глюкозы. Она является главным компонентом как растительной биомассы, так и сельскохозяйственных, бытовых отходов, а также отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Любое растительное сырье и его производные, как лигноцеллюлозный источник, доступны для микробиологической биоконверсии.

Биоконверсия представляет собой естественный способ утилизации целлюлозосодержащих отходов, основанный на разрушении органического суб-

страта микроорганизмами. Она позволяет решить две основные задачи: создание экономически выгодного процесса производства целевого продукта и утилизацию потенциальных экологических загрязнителей.

Особого внимания заслуживают способы прямой биоконверсии с помощью грибов. Эти организмы благодаря наличию мощных ферментных систем способны утилизировать сложные растительные субстраты без предварительной обработки [5].

Опилки лиственных пород деревьев могут являться субстратом для культивирования базидиальных грибов. При подборе субстратов для их культивирования большое внимание уделяют соотношению в нем углерода и азота. Наиболее подходящими субстратами являются сено клевера, пшеничная солома, лузга подсолнечника. Будучи достаточно бедным субстратом, древесные опилки менее подвержены заражению конкурентной микрофлорой, чем богатые питательными веществами субстраты. Так же древесные опилки удобны в использовании, так как в отличии от сена и соломы не требуют дополнительного измельчения. Однако в чистом виде использование опилок в качестве субстрата по литературным данным является низкоэффективным. Поэтому опилки лиственных пород использовались в чистом виде, в равном соотношении с пшеничной соломой, а в качестве контроля использовалась пшеничная солома.

Скорость обрастания субстрата сильно зависит от нормы посева мицелия. Чем больше мицелия, тем быстрее обрастает субстрат. Развитие мицелия конечно зависит и от качества субстрата, так как конкурентные организмы тормозят, а иногда полностью ингибируют рост грибницы вешенки. В первую неделю инкубации мицелий разрастается и тонкими нитями охватывает весь субстратный блок — это стадия колонизации. В конце этой стадии уже можно заметить небольшой утолщенный валик мицелия вешенки вокруг перфораций - на этом валике в дальнейшем будут формироваться примордии. На второй неделе инкубации происходит освоение питательных веществ субстрата, развитие и утолщение мицелиальной сети вешенки — блок становится все более белым и более крепким на ощупь. Лучшее время для переноса субстратных блоков в цех плодоношения, когда весь субстрат пророс мицелием вешенки, но еще не образовались сильные уплотнения мицелия в виде стромы и не полезли грибы из перфорации. Динамика освоения субстрата вешенкой лимонношляпковой представлена в таблице 3.

Таблица 3 — Динамика обрастания субстрата и плодоношения вешенки лимонношляпковой

No	Вид	Дата наступления				
п/	субстрата	посев	образование примордий	1 сбор грибов	2 сбор грибов	
1	Контроль – пшеничная солома	2.12	15.12	21.12	28.12	
2	Опилки + пшенич- ная солома	2.12	17.12	24.12	30.12	
3	Опилки	2.12	18.12	24.12	30.12	

Полное обрастание субстрата определяется визуально, при необходимости можно делать поперечные разрезы субстратного блока для определения равномерности разрастания мицелия в толще субстрата. Передержка блоков или переинкубация вызывает либо появление стромы, либо появление примордиев вешенки.

В наших исследованиях вешенка лимонношляпковая показала высокую скорость колонизации субстрата. Примордии начали образовываться на 13-17 день. Раньше всего был освоен субстрат из пшеничной соломы, позже всех – из опилок – на 17 день.

Урожайность вешенки лимонношляпковой в лабораторных условиях представлена в таблице 4.

Из полученных данных следует, что период плодоношения вешенки лимонношляпковой на исследуемых субстратах составил 26-28 дней. Наиболее растянутым он был на вариантах с добавлением опилок. Наибольшая урожайность была получена на субстрате из пшеничной соломы — 171,2 г с 1 кг субстрата. На опилках и на субстрате из их смеси с соломой она составила 130,3 г. и 143,2 соответственно.

Таблица 4 – Урожайность вешенки лимонношляпковой

№ п/	Вид субстрата	Период плодоно-	7	⁷ рожайно	сть с 1 кг	влажног	о субстра	та
П	Cycerpara	шения,	1 в	олна	2 в	олна	Об	щая
		сут.	Γ	%	Γ	%	Γ	%
1	Контроль – пшеничная солома	26	97,1	56,7	74,1	43,3	171,2	100
2	Опилки + пшенич- ная солома	28	70,6	49,3	72,6	50,7	143,2	100
3	Опилки	28	61,6	47,3	68,7	52,7	130,3	100
	HCP ₀₅		0,35		0,51			

Наиболее интенсивная отдача штамма приходилась в первую волну плодоношения на пшеничной соломе 56,7~% от общей урожайности. На опилках в этот же период отдача была самой низкой -47,3~% из-за высокого содержания в субстрате целлюлозы, на их смеси с соломой выход грибов в первую и вторую волну был примерно одинаков -49,3-50,7~%.

В производственных условиях выращивания вешенки наиболее рентабельны двухнедельные сборы урожая, что сокращает цикл производства и дает возможность увеличить число оборотов культуры в год. Однако на субстрате из опилок в третью волну также можно получить хорошие сборы урожая грибов.

Таким образом, спичечечное производство оказывает определенное влияние на прилегающие экосистемы. За 150 лет существования в них накопилось значительное количество фосфора, калия и серы, что, несомненно, отражается на живых организмах. Древесные опилки, образующиеся на предприятии используются в качестве топлива в осенне-зимний период, тем самым снижая затраты на другие энергоносители. На данный момент предприятие не готово менять существующую технологию, как производства продукции, так и утилизации отходов.

За последние 16 лет производство спичек в нашей стране упало на 65 %. В России только за последние годы прекратили существование 8 предприятий, большинство из которых работали еще в Великую Отечественную войну. Основные причины массового банкротства спичечных предприятий — это и уменьшение потребления спичек в быту, и отсутствие защиты российских товаропроизводителей, и низкая техническая оснащенность спичечных предприятий.

Список литературы

- 1. Альтиулер, И. И. Географические аспекты загрязнения природной среды соединениями серы: автореф. дис....канд. географ. наук. М., 1985. 23с.
- 2. Добровольский, В.В. Основы биохимии/ В.В. Добровольский. М, 2003. 400 с.
- 3. Куликова, Е.Г. Изучение фитотоксичности почв городских экосистем / Е.Г. Куликова // «ХХІ век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Периодическое научное издание. Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2011. С. 88-91.
- 4. Куликова, Е.Г. Использование отходов деревоперерабатывающего производства в сельском хозяйстве / Е.Г. Куликова, С.Ю. Ефремова // «ХХІ век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Периодическое научное издание. Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. Ун-та, 2014, —№ 01 (17). С. 103-109.
- 5. Мануковский, Н.С. Кинетика биоконверсии лигноцеллюлоз / Н.С. Мануковский. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. – 112 с.
- 6. Шильцова, Г.В. Тяжелые металлы и сера в почвах Валаамского архипелага. КарНЦ РАН, 2008. – 110 с.

УДК 631.4:502.76

СОВРЕМЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ И КОЭФФИЦИЕНТЫ НАКОПЛЕНИЯ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ ¹³⁷CS И ⁹⁰SR В ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА, ВЫРАЩЕННОЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

- © **П.М. Орлов,** ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
- © **В.Г. Сыч ès,** ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
- © **С.В. Жиленко,** Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар, Россия)

CONTEMPORARY CONTENT AND THE BUILDUP FACTORS OF THE LONG-LIFE RADIONUCLIDES OF ¹³⁷CS AND ⁹⁰SR IN THE PRODUCTION OF PLANT GROWING, GROWN IN THE TERRITORY RUSSIAN FEDERATION

- © P. M. Orlov, SSI All-union scientific research institute of agrochemistry of D.N.Pryanishnikova (Moscow, Russia)
- © V. G. Sychyov, SSI All-union scientific research institute of agrochemistry of D.N.Pryanishnikova (Moscow, Russia)
 - © S. V. Zhilenko, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)

Приведены результаты исследования загрязнения сельскохозяйственных растений долгоживущими радионуклидами ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr на реперных участках локального мониторинга в 2012 году. Получены данные о коэффициентах накопления радионуклидов в зерне пшеницы, клубнях картофеля, в сене и зеленой массе естественных и многолетних трав, семенах подсолнечника, и корнеплодах сахарной свеклы, выращенных на различных типах почв. На основе уровней загрязнения почвы и значений коэффициентов накопления проведена оценка содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в сельскохозяйственной продукции методами математической статистики. Оценен относительный вклад уровней загрязнения почвы и природных факторов в вариабельность загрязнения сельскохозяйственных растений.

Прослежена динамика изменения коэффициентов накопления ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в 2002 -2012. На основе стабильности уровней загрязнения почвы и относительной стабильности коэффициентов накопления сделан вывод об отсутствии влияния аварии на АЭС «Фукусима» на загрязнение сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: сельскохозяйственные культуры, радионуклиды, реперные участки, почвы, $^{137}\mathrm{Cs}$ и $^{90}\mathrm{Sr}$, коэффициент накопления, уровень загрязнения.

Are given the results of investigating the pollution of agricultural plants by the long-life radionuclides of 137Cs and 90Sr in the datum sections of local monitoring in 2012. Are acquired data about the buildup factors of radionuclides in the grain of wheat, the tubers of potatoes, in canopy and foliage of natural and perennial grasses, the seeds of sunflower, and the root-crops of sugar beet, grown on different types of soils. On the basis of the levels of the pollution of soil and values of buildup factors is carried out the estimation of the content of 137Cs and 90Sr in the agricultural production by the methods of mathematical statistics. The relative contribution of the levels of the pollution of soil and natural factors into the variability of the pollution of agricultural plants is evaluated. Is traced the dynamics of a change in the buildup factors of 137Cs and 90Sr into 2002 -2012. On the basis of the stability of the levels of the pollution of soil and relative stability of buildup factors is made the conclusion about the absence of the influence of emergency on AES "Of fukusima" for the pollution of agricultural production.

Key words: agricultural crops, radionuclides, datum sections, soil, 137Cs and 90Sr, buildup factor, pollution level.

Информация о радиационной ситуации на полях сельскохозяйственных угодий и содержании техногенных радионуклидов в растениях является важной характеристикой окружающей среды и радиационной безопасности населения. Содержание долгоживущих радионуклидов в продуктах питания нормируется «Гигиеническими требованиями безопасности и пищевой ценности продуктов» [1]. В этой связи проводится оценка уровней загрязнения сельскохозяйственных культур и обобщение данных о коэффициентах накопления ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в них для каждого из основных типов почвы в условиях, сложившихся после Чернобыльской аварии и аварии на АЭС «Фукусима».

В системе локального мониторинга на реперных участках в части радиационного контроля мы располагаем следующими множествами данных:

- 1.
- Содержанием 137 Cs и 90 Sr в почвах множество X ; Содержанием 137 Cs и 90 Sr в основных видах продукции 2. растениеводства- множество Y;
- Коэффициентами накопления ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в основных видах продукции растениеводства – множество К.

Элементы ЭТИХ множеств связаны между функциональной зависимостью

$$Y_i = K_i \cdot X_i \tag{1}$$

Реперные участки расположены в каждом районе субъекта РФ (1-3 на район), результаты радиационного мониторинга поступают из 70 субъектов РФ с 1200 реперных участков, расположенных на сельскохозяйственных угодьх [1]. Они объективно отражают радиационную ситуацию и по имеющимся данным оценка уровней загрязнения продукции растениеводства, производимой в России. Мы рассчитали следующие параметры: среднее значение уровня загрязнения сельскохозяйственной продукции, стандартное отклонение и максимальный уровень загрязнения. Расчет проводился по формулам:

$$\mathbf{y} = \mathbf{K} \cdot \mathbf{X} \tag{2}$$

У – среднее значение удельной активности радионуклида в продукции растениеводства, Бк/кг;

Х – среднее значение удельной активности радионуклида в почве Бк/кг;

К – коэффициент накопления в продукции

$$\Delta_{Y} = K \cdot \Delta_{x} + X \cdot \Delta_{\kappa} \tag{3}$$

 $\Delta_{\rm Y}$ – стандартное отклонение удельной активности радионуклида в продукции растениеводства, Бк/кг

 Δ_{κ} _ стандартное отклонение коэффициента накопления радионуклида

 $\Delta_{\rm x}$ – стандартное отклонение удельной активности почвы Бк/кг.

Под термином удельная активность понимается содержание радионуклида. Верхняя граница ($Y_{\text{макс}}$) рассчитывалась по формуле 4

$$\mathbf{y}_{\text{Makc}} = \mathbf{y} + \mathbf{\Delta}_{\mathbf{Y}} \tag{4}$$

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1, результаты расчета — в таблице 2. Определены средние значения и верхние границы типичного распределения уровней загрязнения продукции растениеводства $^{137}\mathrm{Cs}$ и $^{90}\mathrm{Sr}$. Оценить нижние границы не представляется возможным из-за больших стандартных отклонений во множествах коэфициентов накопления и уровней загрязнения почвы.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета удельной активности ¹³⁷Cs и

⁹⁰Sr в продукции растениеводства

~Sr в продук	ции рас	ление	водства							
Параметр	Черно	земы	Дерно	BO-	Ce	рые	Каштановые		Россия в	
	•		подзолистые лесные				це.	лом		
	Удельная ативность, Бк/кг ,почва									
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
сред. знач. станд. отклон.	18,4 19,3	5,1 4,5	8,2 6,5	4,2 2,8	15,5 26,4	5,3 4,2	6,7 3,2	3,7 1,9	13,8 17,3	4,7 3,9
		Коэ	ффициент	накопле	ения, зер	но пше	ницы			
сред.знач. станд. отклон.	0,27 0,25	0,60 0,55	0,26 0,22	0,50 0,55	0,18 0,19	0,37 0,42	0,52 0,50	0,56 0,38	0,28 0,27	0,57 0,53
		Коэф	фициент на	акоплен	ия, клуб	бни карт	офеля			
сред. знач.	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	0,31
станд.отклон.	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	0,29
I	Соэффиц	иент на	копления,	сено м	ноголет	них и ес	гественн	ых траі	3	
сред. знач.	0,44	0,59	0,34	0,74	0,48	0,90	0,44	0,78	0,40	0,73
станд.отклон.	0,45	0,60	0,39	0,55	0,47	1,1	0,21	0,52	0,41	0,52
Коэфо	рициент	накопл	ения, зеле	ная мас	са мног	олетних	и естест	венных	трав	
сред. знач. станд. отклон.	0,44 0,34	0,85 0,54	0,45 0,41	1,2 0,9	0,23 0,13	0,50 0,30	0,61 0,43	1,0 0,90	0,45 0,39	1,0 0,86
	Коэс	ффицие	нт накопле	ения, ко	рнеплод	ды сахар	ной свек	лы		
сред. знач.	0,30	0,55	-	-	-	-	-	-	0,30	0,55
станд.отклон.	0,17	0,36	-	-		-	-	-	0,17	0,36
]	Коэффи	щиент нак	опления	і, семена	а подсол	нечника			
сред. знач-	0,30	0,64	_	_			-	-	0,30	0,64
станд отклон.	0,33	0,45	-	-	-	-	-	-	0,33	0,45

Интервал, в котором происходят изменения уровней загрязнения, оценивается по уравнению 3. Первое слагаемое этого уравнения определяет вклад, который вносит изменения уровня загрязнения почвы. Второе слагаемое – вклад, который связан с изменением коэффициента накопления, который зависит от многих факторов (природа радиоактивного загрязнения, тип почвы, ее агрохимические показатели, природно-климатические условия).

Совокупное действие этих натурных факторов изменяет численное значение коэффициента накопления.

На основании данных, полученных результатов, мы оценили абсолютный и относительный вклады уровней загрязнения почвы и натурных факторов. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 2 – Прогноз удельных активностей сельскохозяйственных культур, выращенных на сельскохозяйственных угодьях России

	Удельная активность, Бк/кг							
Культура	137	Cs	90	Sr				
	Среднее зна- чение	Верхняя гра- ница	Среднее значение	Верхняя гра- ница				
Зерно пшеницы	3,9	12	2,7	7,4				
Клубни картофеля	4,3	14	1,5	4,0				
Зеленая масса мн. трав	6,2	19	4,7	13				
Сено многолетних трав	5,5	18	3,4	8,6				
Клубни сахарной свеклы	5,5	14	2,8	7,1				
Семена подсолнечника	5,5	17	3,3	8,8				

Таблица 3 — Абсолютный и относительный вклад в типичный интервал (Δ_Y) загрязнения продукции растениеводства вариаций содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в почве и изменений ($K \cdot \Delta_X$) коэффициентов накопления ($X \cdot \Delta_K$)

Абсолютный	(относительный)	вклад, Бк/кг	(%), зерно пше	еницы		
П	K · 2	$\Lambda_{\rm X}$	X-	$\Delta_{ m K}$	Δ	
Параметр	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	90Sr	¹³⁷ Cs	90Sr
Чернозем	5,2 (53)	2,5(47)	4,6(47)	2,8 (53)	9,8	5,3
Дерн под-	1,7 (49)	1,4(38)	1,8(51)	2,3 (62)	3,5	3,7
30Л.	4,8(62)	1,6(42)	2,9(38)	2,2 (58)	7,7	3,8
Серые лес-	1,7(33)	1,1(44)	3,4(67)	1,4(56)	5,1	2,5
ные	4,8(56)	2,2(47)	3,7(44)	2,5 (53)	8,5	4,7
Каштановые						
Россия						
	сен	о естественнь	іх и многолет	них трав		
Чернозем	8,5(51)	2,7(47)	8,3(49)	3,1(53)	16,8	5,8
Дерн под-	2,2(41)	2,1(48)	3,2(59)	2,3(52)	5,4	4,4
30Л.	12,7(64)	3,8(40)	7,3(36)	5,8(60)	20	9,6
Серые лес-	1,4(50)	1,5(44)	1,4(50)	1,9(56)	2,8	3,4
ные	6,9(55)	2,8(54)	5,7(45)	2,4(46)	12,6	5,2
Каштановые						
Россия						
	зеленая	масса естеств	енных и мног	олетних трав		
Чернозем	8,5(57)	3,8(58)	6,3(43)	2,8(42)	14,8	6,6
Дерн под-	7,0(67)	3,4(47)	3,4(33)	3,8(53)	10,4	7,2
30Л.	6,1(75)	2,1(57)	2,0(25)	1,6(43)	8,1	3,7
Серые лес-	2,0(42)	1,9(37)	2,8(58)	3,3(63)	4,8	5,2
ные	7,8(59)	3,9(49)	5,4(41)	4,0(51)	13,2	7,9
Каштановые						
Россия						
			и картофеля			
Россия	5,4(56)	1,1(44)	4,3(44)	1,4(56)	9,7	2,5
		корнеплоды	сахарной све	клы		
Чернозем	5,8(65)	2,5(58)	3,1(35)	1,8(42)	8,9	4,3
		семена п	одсолнечника	1		
Чернозем	5,8(49)	2,9(56)	6,1(51)	2,3(44)	11,9	5,2

Относительный вклад уровня загрязнения почвы в вариабельность загрязнения продукции растениеводства ($K \cdot \Delta X$) равняется 55% ±11% для ¹³⁷Cs и 48% ±8% для ⁹⁰Sr. Относительный вклад в вариабельность загрязнения процессов, связанных с типом и агрохимическими характеристиками почвы 45±11% для ¹³⁷Cs и 52% ±8% для ⁹⁰Sr.

Оценка влияния аварии на АЭС «Фукусима» на загрязнение продукции растениеводства долгоживущими радионуклидами 137 Cs и 90 Sr проводилась путем сравнения коэффициентов накопления радионуклидов в 2011 и 2012 году с аналогичными до аварийными данными. Результаты представлены в таблице 4. Средние значения коэффициентов накопления 137 Cs и 90 Sr в 2011 и 2012 г находятся внутри доверительных интервалов этих параметров, зафиксированных в 2002- 2012 годах, исключение составляет коэффициент накопления 90 Sr в зеленой массе естественных и многолетних трав и семенах подсолнечника, которые выходят на 0,01 за границы доверительных интервалов. Это незначимые отличия.

Так как содержание долгоживущих радионуклидов 137 Cs и 90 Sr в почве после аварии на АЭС «Фукусима» практически не изменилось, а коэффициенты накопления этих радионуклидов находятся в пределах наблюдаемых за длительный период времени, то можно считать, что авария на АЭС «Фукусима» практически не повлияла на содержание 137 Cs и 90 Sr в продукции растениеводства.

Таблица 4 — Доверительные интервалы и средние значение коэффициентов накопления 137 Cs и 90 Sr в 2002—2012 годах

	2002-	-2012 г	2011, 2012 г		
Культура		ный интервал	Среднее значение		
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	
Зерно пшеницы	$0,29\pm0,02$	0,54±0,03	0,28	0,57	
Клубни картофеля	0,27±0,06	0,41±0,26	0,31	0,31	
Сено естественных и многолетних трав	0,61±0,25	0,67±0,29	0,44	0,78	
Зелен. масса естественных и многолетних трав	0,49±0,21	0,86±0,13	0,61	1,0	
Семена подсолнечника	0,19±0,10	0,56±0,07	0,30	0,64	
Клубни сахар. Свеклы	0,19±0,10	0,50±0,14	0,30	0,55	

Так как загрязнение почвы долгоживущими радионуклидами является стабильным, то важным критерием научной обоснованности и точности наших прогностических расчетов является стабильность средних значений коэффициентов накопления ¹³⁷Сѕ и ⁹⁰Ѕг во времени. Систематическое наблюдение за радиационной ситуацией на реперных участках мы проводим с 2002 года. Проведено 4 тура обследования. Результаты представлены в таблице 5. Из таблицы видно, что за 10 лет наблюдений средние значения коэффициентов накопления достаточно стабильны. Только для клубней картофеля коэффициент накопления ⁹⁰Ѕг в 2008-2009 году принимает аномально высокое значение по сравнению с другими годами наблюдения.

В свою очередь такая аномалия увеличивает доверительный интервал коэффициента накопления 90 Sr в картофеле за 10 лет наблюдения. Это делает нашу оценку содержания 90 Sr в клубнях картофеля менее надежной и точной по сравнению с другими культурами. В остальных случаях средние значения ко-

эффициентов за время наблюдения достаточно стабильны. Доверительные интервалы равны или не превышают 50% от средних значений.

Таблица 5 — Динамика изменения коэффициентов накопления $^{137}\mathrm{Cs}$ и $^{90}\mathrm{Sr}$ в 2002—2012 годах

	51 b 2002 2012 10Aux								
	Коэффициент накопления $^{137}\mathrm{Cs}$ / $^{90}\mathrm{Sr}$								
Год обследования	Зерно пшеницы	Клубни картофеля	Сено	Зеленая масса	Семена подсол- нечника	Клубни сахарной свеклы			
2002-2004	0,27/ 0,49	0,18/0,18	0,36/ 0,96	-/-	0,09/ 0,50	0,09/0,50			
2005	0,31/0,50	0,30/0,38	0,38/ 0,94	0,38/0,80	0,13/0,49	0,25/0,31			
2008-2009	0,30/0,59	0,29/0,78	0,53/0,76	0,62/1,2	0,23/0,59	0,11/0,63			
2011-2012	0,28/0,57	0,31/0,31	0,40/0,73	0,45/1,0	0,30/ 0,64	0,30/0,55			
2002-2012	0,29±0,02/ 0,54±0,03	0,27±0,06/ 0,41±0,26	0,42±0,08/ 0,84±0,11	0,48±0,12/ 1,0±0,2	0,19±0,10/ 0,56±0,07	0,19±0,10 0,50±0,14			

Результаты данной работы не распространяются на сельскохозяйственные культуры, выращенные в Брянской, Калужской, Тульской и Орловской области, которые подверглись интенсивному загрязнению от Чернобыльской аварии.

Таким образом, собраны и систематизированы данные о коэффициентах накопления ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в сельскохозяйственной продукции в системе локального мониторинга на реперных участках. Они показывают, что увеличения средних значений коэффициентов накопления и уровней загрязнения продукции растениеводства в 2011 и 2012 годах не наблюдалось. Влияние аварии на АЭС «Фукусима» на содержание долгоживущих радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в сельскохозяйственной продукции не отмечено. Прогнозируемое содержание ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в продукции растениеводства удовлетворяет гигиеническим требованиям безопасности и пищевой ценности продуктов [2].

Список литературы

- 1. Научный отчет по теме. 02.07.02.01. Изучить и оценить мощность экспозиционной дозы гамма-излучения (МЭДГ) и содержание долгоживущих продуктов деления в почвах сельскохозяйственных угодий России с учетом последствий аварии на АЭС «Фукусима» по данным локального мониторинга на реперных участках. Фонд ВНИИА, 2013 г.
- 2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Сан.ПиН 2.3.4.1078-01. Москва 2002.

УДК 631.4:502.76

РАДИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

- © **П.М. Орлов,** ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
- © **В.Г. Сычѐв,** ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
- © **С.В. Жиленко,** Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар, Россия)

THE RADIOLOGICAL MONITORING OF THE SOILS OF THE EARTH OF THE AGRICULTURAL DESIGNATION OF THE KRASNODAR EDGE

- © P. M. Orlov, SSI All-union scientific research institute of agrochemistry of D.N.Pryanishnikova (Moscow, Russia)
- © V. G. Sychyov, SSI All-union scientific research institute of agrochemistry of D.N.Pryanishnikova (Moscow, Russia)
 - © S. V. Zhilenko, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)

Приведены результаты мониторинга на реперных учапстках по содержанию техногенных и естественных радионуклидов в почвах Краснодарского края. На основании статистической обработки результатов выявлены закономерности формирования радиологического региона.

Ключевые слова: нуклеиды, радиоактивность, почвы, статистические параметры, средние значения параметров

Prvedeny the results of monitoring on datum uchapstkakh in the content of technogenic and natural radionuclides in the soils of Krasnodar edge. On the basis statistical processing of results are revealed laws governing the formation of radiological region.

Key words: nukleidy, radioactivity, soil, the statistical parameters, the average values of the parameters

В сфере сельскохозяйственного производства Краснодарский край является одниим из важнейших регионов страны. Качество продукции сельского хозяйства, производимой в крае, в первую очередь, зависит от агрохимического состояния почвы и загрязнения ее вредными веществами. В этой связи, мы провели оценку современного уровня загрязнния почвы Краснодарского края радионуклидами. В работе были использованы результаты локального мониторинга почв сельскохозяйственных угодий на 42 стационарных реперных участках агрохимической службы России: ФГБУ ЦАС «Краснодарский» [1], ФГБУ САС «Северо-Кубанская» [2] и ФГБУ САС «Кавказская» [3].

Результаты анализа ркзультатоы по фактическому содержанию техногенных 137 Cs, 90 Sr и природных 226 Ra, 232 Th , 40 K радионуклидов в почвах реперных участков локального мониторинга, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание техногенных и естественных радионуклидов в

	раснодарского кр	ая					
№ ре- пер.	Район	МЭДГ,		Содерж	сание в по	чве, Бк/кг	
участка	т айоп	мкр/час	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
		Красн	одарский	край			
1	Анапский	11,2	7,1	3,2	29	34	420
2	Выселковский	13,5	12	6,6	27	43	730
3	Динский	14,3	12	5,4	40	49	630
4	Кореновский	12,7	9,6	4,2	30	41	650
6	Крымский	11,3	6,2	2,8	31	42	540
7	Прим-ахтарск.	12,2	13	5,8	25	50	550
9	Темрюкский	10,2	5,7	2,5	26	43	550
10	Тимашевский	12,8	14	7,0	28	45	688
		Севе	ро Кубанс	кая			
2	Павловский	12,2	15	5,7			470
3	Новопокровс.	12,5	14	5,8			490
4	Староминский	12,5	14	5,9			480
5	Ейский	12	15	5,8			460
6	Кущевский	12,5	15	5,8			470
9	Щербиновский	12,2	14	5,6			470
16	Каневский	12	14	5,7			460
17	Староминский	12,5	15	5,6			470
19	Павловский	12,3	14	5,9			490
24	Щербиновский	12	14	5,7			470
		К	авказская	I			
1	Гулькевичский	12,6	18	5,0	15	28	380
2	Гулькевичский	11,0	15	4,7	21	25	350
8	Тихорецкий	13,0	12	6,1	26	20	350
9	Тихорецкий	12,7	18	13,5	14	25	420
15	Кавказский	12,1	17	5,2	10	29	360
16	Кавказский	14,2	19	6,4	13	26	400
19	Кургалинский	13,1	18	4,2	15	24	390
20	Кургалинский	13,2	7,5	5,7	20	30	400
21	Новокубанский	13,7	6,0	5,0	15	22	350

22	Новокубанский	12,6	10	6,1	18	31	500
24	Гулькевичский	12,1	15	4,3	22	23	380
26	Тбилисский	12,6	14	3,1	22	25	360
27	Тбилисский	13,3	20	1,6	6	32	370
28	Успенский	11,2	2,6	3,2	18	19	320
29	Успенск5ий	12,5	8,5	1,0	19	29	390
30	Отрадненский	11,2	15	4,5	30	35	490
31	Отрадненский	14,0	7,5	9,0	15	24	300
32	Лабинский	12,5	9,7	5,5	21	34	490
33	Лабинский	13,0	16	5,3	26	37	530
34	Мостовский	12,0	9,1	4,5	20	30	430
35	Мостовский	11,0	17	2,8	12	31	460
36	Белоречинский	12,3	25	4,9	14	38	320
37	Белореченский	12,0	7,2	3,2	23	35	410
38	Амшеронский	13,0	14	4,5	12	34	330
	Статисти	ческие парам	етры для К	Сраснодарс	кого Краз	i	l
Cne	днее значение	12,4	13,0	5,1	21	32	450
•	ртное отклонение	0,9	4,5	2,0	7,4	8	100
	ртное оклонение среднего	0,1	0,7	0,3	1,3	1,5	15
Типи	ічный интервал	11,5-13,3	8,5-17.5	3,1-8,1	13,6- 28,4	24-40	350- 550
	Эксцесс	0,4	0,2	6,8	0	-0,5	0,8
Коли	чество участков	42	42	42	32	32	42
	,	Для чег	оноземов Р	оссии	I		
Сре	днее значение	12,4	18,4	5,1	23	31	490
	ртное отклонение	4,5	19,3	4,5	11	10	130
Станда	пртное оклонение среднего	0,2	0,8	0,2	0,5	0,4	6
	Типичный интервал		37,7	0,6-9,6	12-34	21-41	360-620
	Количество участков		650	528	494	495	477
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	600 Для Н	оссии в це	l	•	1	1
Сре	Среднее значение		13,8	4,7	22	28	450
	Стандартное отклонение		17,3	3,9	11	11	180
Станда	артное оклонение среднего	0,1	0,5	0,1	0,3	0,3	6
Типи	чный интервал	7,8-15,4	<31	0,8-8,6	11-33	17-39	280-640
	чество участков	1202	1338	1098	1088	1047	1077
	-	1					1

На основе этих данных методами математической статистики были оценены средние значения, стандартные отклонения, стандартные отклонения от среднего, типичные интервалы изменения концентраций названных радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий Краснодарского края. Все статистические расчеты проведены с уровнем доверия 0,95. Для сравнительной

характеристики радиоактивного загрязнения почв Краснодарского края долгоживущими техногенными радионуклидами и содержания в них естественных радионуклидов мы привели аналогичные параметры, характеризующие загрязнение черноземов России и почв России в целом.

Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения (МЭДГ) определят внешнее облучение человека. Она формируется под действинм нескольких факторов. На ее численное значение влияют:

- содержание естественных радионуклидов в почве (40 K, 232 Th, 238 U, 226 Ra),;
 - вторичное космическое излучение;
 - солнечная активность;
 - содержание техногкенных гамма излучающих радионуклидов;
 - радиоактивные эманации из почвы.

Для сельскохозяйственных угодий Краснодарского края характерно умеренное значение МЭДГ. Среднее значение МЭДГ составляет 12,4 мкр/час. Типичный интервал изменний численных значений МЭДГ равен 11,5 — 13,3 мкр/час. Среднее значение МЭДГ Краснодарского края совпадает со средним МЭДГ характерным для черноземных почв и близко к среднему значению МЭДГ, характерному для почв России в целом. Естественно, что стандартное отклонение МЭДГ в Краснодарском Крае (0,9 мер/час) меньше такового для черноземов России (4,5 мкр/час) и России в целом (3,8 мкр/час).

Среднее содержание ¹³⁷Сs в почвах Краснодарского края составляет 13 Бк/кг, стандартное отклонение – 4,5 Бк/кг. Типичные интервалы измнения концентраций ¹³⁷Сs в почве оцениваются от 8,5 Бк/кг до 17,5 Бк/кг. Среднее значение содержания ¹³⁷Сs для черноземов России и страны в целом равно 18,4 Бк/кг и 13,8 Бк/кг, соответственно. Среднее значение для почв Краснодарского края значительно ниже, такового, характерного для черноземных почв и близко к среднему содержанию в почвах России.

Стандартные отклонения для черноземов и почв России равны 18,4 Бк/кг и 17,3 Бк/кг. Они значительно превосходят стандартное отклонение, соответствующее почвам Краснодарского края.

Известно, что в результате Чернобыльской аварии 18 областей Европейской части России подверглись радиоактивным выпадениям, из них, Брянская, Калужская, Тульская и Орловская области подверглись интенсивному загрязнению. В остальных 14 областях загрязнение незначительное, радиоактивные пятна по площади небольшие и содержание ¹³⁷Сs в почве обнаружено на уровне менее <120 Бк/кг. Большинство этих радиоактивных пятен находится в черноземной зоне. Этим обусловлено повышенное среднее значение содержания ¹³⁷Сs в черноземах в сравнении с почвами в целом по России. Наличие радиоактивных пятен приводит к значительному увеличению стандартных отклонений. Для черноземных почв (19,3 Бк/кг) и почв России в целом (17,3 Бк/кг) стандартные отклонения больше чем средние значения. Для почв Краснодарского края стандртное отклонение (4,5 Бк/кг) значительно ниже среднего значения. Соотношение среднего значения и стандртного отклонения близко к соотношению таковых величин в распределении Гаусса.

Таким образом, установлено, что почвы Краснодарского края не подвергались ралиоактивному загрязнению от радиоактивных облаков, образовавшихся в результате Чернобыльской аварии.

Среднее содержание 90 Sr в почвах Краснодарского края равно 5,1 Бк/кг, стандарное отклонение 2,0 Бк/кг Типичный интервал варьирования концентрации 3,1–8,1 Бк/кг. Среднее значение содержания 90 Sr в почвах регтона совпадает с таковым характерным для черноземных почв и близко к среднему значению для почв России в целом.

Формирование годовой эффективной дозы облучения человека для большинства регионов страны обусловлено естественными радионуклидами. В сельскохозяйственном производстве следует особое внимание уделять мониторингу содержания естественных радионуклидов в почве. Концентрация 226 Ra, 232 Th и 40 K в почве создает естественный радиационный фон и, в конечном счете, является важнейшей составляющей в формировании годовой дозы облучения человека.

Среднее содержание 226 Rа в почвах Краснодарского края равно 21 Бк/кг, стандартное отклонение — 7,4 Бк/кг. Типичные интервалы изменения концентраций 226 Rа в почве 13,6 — 28,4 Бк/кг. Среднее содержание 226 Rа в почвах близко к среднему содержанию 226 Rа в черноземах России (23 Бк/кг) и, в пределах погрешности оценки, совпадает с средним содержанием 226 Rа в почвах России в целом.

Среднее содержание 232 Th в почвах Краснодарского края равно 32 Бк/кг, стандартное отклонение -8 Бк/кг, типичный интервал изменения концентраций 232 Th 24 -40 Бк/кг и совпадает, в пределах погрешности оценки с средним содержанием 232 Th в черноземных почвах России (31 БК/кг) и несколько выше средненего содержания этого нуклида в почвах России в целом (28 Бк/кг).

В окружающей среде 40 К находимтся в равновесии со стабильным изотопом 39 К. Соотношение 40 К/ 39 К является постоянным для всей планеты. Внесение калийных удобрений увеличивает содержание 40 К, в то же время калий выносится из впочвы с урожаем сельскохозяйственных культур. Содержание 40 К в почве и продукции сельского хозяйства не нормируется. Рассмотрение вопроса о содержании 40 К в почвах краснодарского края носит обще информацилгтый характер.

Среднее содержание 40 К в почах Краснодарского края равно 450 Бк/кг, стандартное отклонение — 100 Бк/кг. Типичный интервал изменениия концентраций 40 К 350 Бк/кг — 550 Бк/кг. Среднее содержание 40 К близко к таковому для черноземов России и совпадает со средним содержанием этого нуклида в почвах России. Следует отметить, что стандартные отклонения концентраций 40 К в почвах Краснодарского края меньше соответствующих параметров характерных для черноземов России и почв России в целом.

Сцелью сопоставления и познавательной целью в таблице 2 приведено среднее содержание естственных радионуклидов в почвах нашей планеты [4].

Таблица 2 – Среднее содержание естественных радионуклидов в почвах мира

Тип почв	Среднее содержание на планете, Бк/кг					
This ite ib	²³⁸ U (²²⁶ Ra)	²³² Th,	⁴⁰ K			
Сероземы	32	48	670			
Серо-коричневые	28	41	700			
Каштановые	27	37	550			
Черноземы	22	36	410			
Серые лесные	18	27	370			
Дерново-подзолистые	15	22	300			
Подзолистые	9	12	150			
Торфянистые	6	6	90			
Средняя для всего мира	26	26	370			
Типичный диапазон	11-52	7-48	110-740			

Важной качественной характеристикой множества данных является эксцесс. Эксцесс указывает на характер распределения результатов относительно нормального распределения. Эксцесс нормального распределения равен 0. Принято считать, что при значниях эксцесса от -0.5 до +0.5 распределение результатов по интервалу наблюдения близко к нормальному. При положительных эксцессах наблюдается большее накапливание результатов вблизи среднего значения по сравнению с нормальным распределением. При отрицательных эксцессах имеет место более равномерное распределение результатов по интервалу наблюдения отночсительно нормального распределения или преимущественное накопление на концах интервала.

Для почв Краснодарского края эксцессы множеств МЭДГ, содержания $^{137}\mathrm{Cs}$, $^{226}\mathrm{Ra}$, $^{232}\mathrm{Th}$ близки к 0. Поэтому характер распределения содержания названных радионуклидов в почве близок к нормальному. Эксцессы множеств $^{90}\mathrm{Sr}$ и $^{40}\mathrm{K}$ принимают положитльнве значения. Поэтому конкретные результаты содержания $^{90}\mathrm{Sr}$ и $^{40}\mathrm{K}$ в почвах находятся ближе к средним значениям по сравнению с нормальным распределением. Особенно это относится к результатам для множества $^{90}\mathrm{Sr}$.

На основании данные локального мониторинга почв с реперных участков и проведенных статистических оценок можно сделать вывод о том, что радиационная обстановка в Краснодарском крае является стабильной и благополучной.

Список литературы

- 1. ФГБУ ЦАС «Краснодарский». Отчет по реперным участкам. Краснодар. 2012 г.
- 2. ФГБУ САС « Северо-Кубанская». Отчет по реперным участкам, 2011 г.
- 3. ФГУ САС « Кавказская». Отчет по реперным участкам, 2011 г.
- 4. Источники и действие ионизирующей радиации. Научный комитет Организации Объединенных наций по действию атомной радиации. Доклад за 1977 год Генеральной Ассамблее с приложениями. т.1 с. 89. ООН, Нью-Йорк, 1978. с. 67, 98.

РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ: НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

РАЗРАБОТКА ОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ШАРОВОГО КРАНА

- © **В.В. Рыжаков,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © **М.В. Рыжаков**, Московский физико-технический институт (государственный университет) (г. Москва, Россия)
- © **А.Д. Карпушов**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

DEVELOPMENT OF THE BASIC PROVISIONS METHODS OF FUNCTIONAL ASSESSMENT OF COMPLIANCE WITH THE RE-QUIREMENTS OF ENVIRONMENTAL SAFETY BALL VALVE

- © V.V. Ryzhakov, Penza State Technological University (Penza, Russia) © M. V. Ryzhakov, Moscow Institute of Physics and Technology State University (Moscow, Russia)
 - © A. D. Karpushov, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Представлена статистика техногенных аварий, с учётом данных международных центров, в области эксплуатации нефте- и газопроводов. На основе анализа данных выявлены наиболее вероятные причины аномалий. Это позволило составить перечень единичных показателей (характеристик) запорной арматуры и сформулировать на их основе элементы виртуального эталона шарового крана, которые позволят построить методику оценивания показателя качества более экологически безопасного крана.

Ключевые слова: причины аварий, экологическая безопасность, качество, виртуальный эталон.

Presents statistics of industrial accidents, taking into account international data centers, in the operation of oil and gas pipelines. Based on the analysis of data revealed the most likely causes of the anomalies. This allowed to compile a list of individual indicators (characteristics) of ball valves and formulate the elements of the virtual standard ball valve, which will allow to build a method of evaluation of the quality indicator more environmentally safe ball valve.

Key words: causes of incident, environmental safety, quality, virtual standard.

В связи с тем, что функциональное соответствие – феноменологический показатель, то для его оценивания следует использовать комплексные показатели [1, 2]. Их аналитические выражения:

$$egin{aligned} Q_{\Gamma} &= rac{1}{\sum_{i=1}^{m} rac{q_{i}}{S_{i}}}; (1) \ Q_{C} &= \prod_{i=1}^{m} S_{i}^{q_{i}}; (2) \ Q_{A} &= \sum_{i=1}^{m} q_{i} \cdot S_{i}; (3) \ Q_{KB} &= \sqrt{\sum_{i=1}^{m} q_{i} \cdot S_{i}^{2}}, (4) \end{aligned}$$

где Q_{Γ} , Q_{C} , Q_{A} , Q_{KB} — средний арифметический, средний геометрический, средний гармонический, средний квадратический, соответственно, показатели функционального соответствия, при этом при этом значение каждого комплексного показателя \in [0;1]; S_{i} — единичные показатели соответствия, при этом так же $S_{i} \in$ [0;1]; q_{i} — коэффициент значимости i — го показателя, $i \in \{1,2,...,m\}$; m — число единичных показателей.

Из (1)÷(4) и пояснений к ним следует, что для определения значений S_i необходимо выбрать соответствующую систему единиц измерения указанных по-казателей. В качестве такой системы единиц может служить так называемый виртуальный эталон исследуемого объекта. Его использование позволяет выполнить переход на универсальные шкалы, т.е. осуществить формализацию исходных значений единичных показателей, полученных на предметных шкалах [3].

Здесь ещё поясним, что качество объекта в статье представляется степенью его соответствия функциональному назначению. Данное представление качества не противоречит известным стандартам ISO и позволяет получить прямой ответ на вопрос: можно ли использовать с определённой вероятностью объект (изделие) по конкретному назначению?

Изложенное позволяет констатировать, что ведение в методику процесса оценивания образца (меры) исследуемого объекта позволяет не только существенно снизить влияние различных видов преднамеренностей в процедурах оценивания, но и повысить требования к обоснованности объёма и достаточности исходной информации о свойствах (характеристиках) продукции.

Виртуальный эталон — воссозданный документально образец объекта с достаточным набором предельных (наилучших) характеристик его соответствия требованиям, установленным по точным правилам, утверждённым документально и существующим в течение достаточного интервала времени.

Весьма важно обоснованно задать характеристики эталона с целью получения достоверных данных результатов на основе исходной информации о свойствах исследуемых объектов и обоснованно выбрать способы применения информации в последовательных процедурах оценивания. Функциональные соответствия, таким образом, реализация виртуального эталона в системе оценивания способствует росту объективности результатов оценивания и повышению доверия к ним.

Для получения объективной информации о наиболее существенных свойствах (характеристиках) исследуемого крана, которые могли бы составить его виртуальный эталон, приведём результаты статистических исследований, выполненных с привлечением данных различных научных центров. За основу будут взяты данные по аварийности по их причинам и следствиям.

Одна из причин аварий на объектах газораспределения – отсутствие контроля за техническим состоянием газовых сетей и техническим обслуживанием. Так, анализ аварий, связанных с коррозионными повреждениями, указывает на неудовлетворительную организацию эксплуатации объектов. Основными факторами, негативно влияющими на состояние промышленной безопасности, остаются: физический износ сооружений и оборудования, несовершенство систем защиты, эксплуатация газоиспользующих установок в ручном режиме, несоблюдение требований нормативно-технических документов при проведении работ, низкая исполнительская дисциплина. Одна из крупнейших экологических проблем ТЭК, особенно острая для традиционных нефтедобывающих регионов, – загрязнение природной среды нефтью и нефтепродуктами [5]. Огромного разлива нефти в Мексиканском заливе в 2010 году удалось бы избежать, если бы сработал запорный клапан, расположенный в устье скважины.

Аварии на магистральных трубопроводах, по которым транспортируются широкая фракция легких углеводородов (ШФЛУ), легкокипящие жидкости и сжиженные газы, т.е. продукты, переходящие в газообразное или двухфазное состояние при снижении давления, – наиболее опасные по своим воздействиям на население, имущество и окружающую среду (при воспламенении). Повышенное давление насыщенных паров внутри трубы на стадии самотечного истечения будет значительно увеличивать скорость выброса по сравнению с аварийным истечением нефти и нефтепродуктов из магистральных трубопроводов. Повышенная опасность выбросов вскипающих жидкостей связана с созданием протяженных зон поражения [6].

Основной статистической характеристикой аварийности на магистральных трубопроводах является интенсивность аварий, выражаемая количеством аварий в единицу времени (обычно в год) на единицу длины трассы (на 1000 км).

В соответствии с данными EGIG - European Gas Pipeline Incident Data Group — EGIG (Европейская группа по сбору данных об авариях на газопроводах) [7], CONCAWE - CONservation of Clean Air and Water in Europe (Ассоциация операторов западно -европейских магистральных нефтепроводов) [8], OPS PHMSA - Office of Pipeline Safety under the Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration (Бюро трубопроводной безопасности управления по безопасности трубопроводов и опасным материалам) [9], Ростехнадзор [10] (нефтепроводы) внешнее воздействие (деятельность третьих лиц) — основная причина аварий на трубопроводах. Под этим можно понимать незаконную врезку с целью хищения, и небрежное проведение ремонтных или строительных работ вблизи трубопроводов, а так же ремонт и профилактика самих трубопроводов.

По данным UCOPA - United Kingdom Onshore Pipeline Operators' Association (Ассоциация операторов магистральных сухопутных газопроводов Великобритании) [11] наибольшее число аварий происходит из-за дефектов оборудования (материала) – 28%. Примерно равное количество аварий приходится на внешнее воздействие и коррозию, 21% и 20% соответственно.

Основная причина аварийности на газопроводах, по данным Ростехнадзора, – коррозия (50%), что может быть обусловлено высокой степенью износа трубопроводной арматуры.

Средние значения причин аварий и их оценки СКО представлены на рисунках 1-4. Где под номером: 1 – ошибочные действия персонала; 2 – другие;

3 — природное воздействие; 4 — коррозия; 5 — дефекты оборудования (материала); 6 — внешнее воздействие.

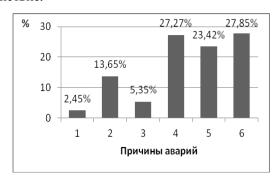


Рисунок 1 – Средние значения причин аварий по данным EGIG, UKOPA, PHMSA, Ростехнадзора

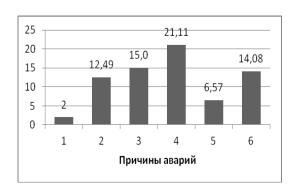


Рисунок 2 – Оценка СКО средних значений причин аварий по данным EGIG, UKOPA, PHMSA, Ростехнадзора



Рисунок 3 – Средние значения причин аварий по данным CONCAWE, PHMSA, Ростехнадзора

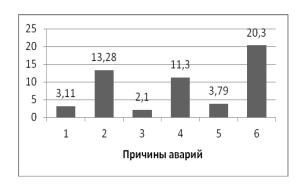


Рисунок 4 – Оценка СКО средних значений причин аварий по данным CONCAWE, PHMSA, Ростехнадзора

Из анализа статистики следует, что наиболее часто аварии происходят по причине внешнего воздействия.

При этом оценка получена с ошибкой: оценка СКО для различных источников данных составляет 17,2.

Другие причины по убывающей степени можно представить так: коррозия, дефекты оборудования, ошибочные действия персонала, природное воздействие.

Всё изложенное и количественные статистические оценки позволяют сформулировать виртуальный эталон крана из следующих характеристик:

- 1) герметичность относительно внешней среды;
- 2) стойкость к транспортируемой среде;
- 3) время совершения полного хода;
- 4) прочность и плотность материала корпусных деталей;
- 5) стойкость к природным воздействиям.

На сегодняшний день СНиП 2.05.06–85* содержит требования, ограничивающие не только минимальные допустимые расстояния до населенных пунктов и объектов инфраструктуры, но и диаметр трубопровода (DN не более 400 мм) [12]. Зачастую выполнение этих требований экономически невыгодно или вообще невозможно. Кроме того, существующая сеть магистральных продуктопроводов для перекачки ШФЛУ по большей части построена до корректировки СНиП 2.05.06–85*, связанной с аварией под Уфой в 1989 г., и часто выполнена из труб DN более 400 мм. Этим обусловлена необходимость исследований в области обеспечения безопасного функционирования действующей трубопроводной арматуры.

Список литературы

- 1. Рыжаков В.В., Усманов В.В., Рыжаков М.В. Синтез функций оценивания качества продукции на основе средних статистических оценок // Научно-технический журнал «Оборонный комплекс научно-техническому прогрессу России». М.: ВИМИ, 2002. №3. С. 97—101.
- 2. Рыжаков В.В., Рыжаков М.В., Рыжаков К.В. Алгоритмы измерения качества продукции и их характеристики // Журнал «Измерительная техника», 2003. N = 5. C. 9-12.
- 3. Рыжаков, В.В., Портнова, И.М. Основные положения формализации исходной информации и виртуального эталона в квалиметрии // Сборник статей

- по материалам научно технической конференции «Проблемы технического управления в региональной энергетике». Министерство образования РФ, ПГТИ, г. Пенза, 2001, С. 187 189.
- 4. ISO 9000: 2005. «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь».
- 5. Кутьин, Н.Г. Экологические проблемы и безопасность топливноэнергетического комплекса в России. // Безопасность труда в промышленности. – 2008. – № 12. – С. 4-7.
- 6. Сумской, С.И. Анализ риска аварий на магистральном трубопроводе, транспортирующем широкую фракцию лёгких углеводородов. / А.В.Пчельников, Е.Л.Шанина, М.В. Лисанов, В.В. Зозуля. Безопасность труда в промышленности. 2007. № 2. С. 48–52.
- 7. 8th Report of the European Gas Pipeline Incident Data Group. URL: http://www.egig.eu/
- 8. Performance of European cross-country oil pipelines. Statistical summary of reported spillages in 2012 and since 1971. Brussels: CONCAWE, December, 2013.
- 9. Лисанов, М.В. Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта. / А.В.Савина, Д.В.Дегтярев, Е.А.Самусева. Безопасность труда в промышленности. 2010 г. № 7. С. 16—22.
- 10. Ежегодные отчеты о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.
- 11. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/
- 12. Report of the UKOPA Fault Database Management Group. Ambergate UK December 2013.
- 13. CHuП 2.05.06-85*. Магистральные трубопроводы. M.: Госстрой, 1998.

УДК 504:67

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНИВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

- © **И.А. Прошин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Р.Д. Прошина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **П.В. Сюлин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Т.А. Исайкина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHODS STATE OF NATURAL AND TECHNICAL SYSTEMS

- © I.A. Proshin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **R.D. Proshina**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
 - © P.V. Siulin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © T.A. Isaykina, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Приведен анализ, определены недостатки и сформулированы требования к экологическим индикаторам природно-технических систем. Введён комплекс индикаторов и компонентный

портрет экологических состояний природно-технической системы, удовлетворяющий сформулированным требованиям.

Ключевые слова: Индикаторы, математические модели, компонентный портрет, экология.

The analysis, identify gaps and formulate the requirements for ecological indicators-skim natural-technical systems. Introduced a set of indicators and component-component-portrait of the ecological status of natural-technical system that satisfies the requirements set forth-conductive.

Key words: Indicators, mathematical models, component portrait ecology. **E-mail**: proshin.Ivan@inbox.ru

Основа системного экологического мониторинга (СЭМ), подготовки государственных докладов о состоянии и об охране территорий, построения прогнозов социально-экономического развития, разработки программ в области экологического развития и охраны окружающей среды, оценки степени экологического совершенства производства — показатели и критерии оценки состояния контролируемых объектов. В настоящее время для оценки эколого-технико-экономического состояния окружающей среды применяют множество различных показателей, большинство из которых вычисляют с использованием предельно допустимых концентраций (ПДК) c_i . Наиболее широко используемые из них, вычисляемые для текущих абсолютных значений концентраций компонент x_i в контролируемом объекте, через относительную концентрацию $\delta_i = x_i/c_i$, приведены на рисунке 1.

Качество ОС по отношению к здоровью человека и состоянию экосистем задают на основе санитарно-гигиенических и экологических нормативов [1-3]. Экологические требования к источникам воздействий устанавливают с помощью научно-технических нормативов, к которым относят нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ (ПДВ и ПДС).

Выполнение нормативов всеми предприятиями региона обеспечивает удовлетворение качества ОС (атмосфера, вода, почва) санитарногигиеническим требованиям. Показатели ПДК составляют нормативную основу множества методик комплексной оценки качества водных объектов [4-9].

Оценку экологической опасности гальванического производства (ГП) проводят с использованием экологического критерия (ЭК), определяемого отношением конечной концентрации компонента раствора в сбрасываемой (очищенной) воде ($C_{\text{кон}}$) к его ПДК в воде рыбохозяйственных водоемов. ЭК прямо пропорционален концентрации компонента в технологическом растворе (C_0) и кратности разбавления промывными водами, выносимого из ванны раствора (Q/Q), уменьшается с увеличением степени очистки (μ):

ЭК =
$$\frac{C_{\text{кон}}}{\Pi Д K} = \frac{C_0}{\Pi Д K} \times \frac{q}{Q} \times (1 - \mu)$$
 (1)

Чем больше ЭК (1), тем выше экологическая опасность исследуемого технологического раствора, гальванического цеха. В целом по гальваническому цеху с учетом работы очистных сооружений величина ЭК ограничена единицей. Выражение (1) для ЭК позволяет дать оценку антропогенному воздействию ГП на ОС и определяет средства для снижения этого воздействия.

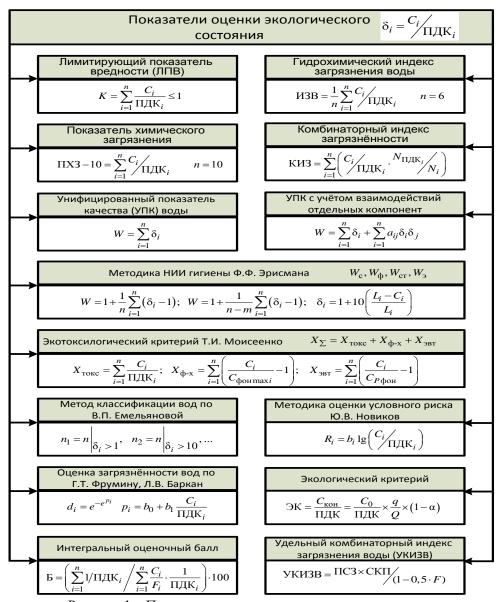


Рисунок 1 – Показатели оценки экологического состояния

Из анализа (1) следует: снижение экологической опасности ГП может быть достигнуто тремя способами: уменьшением экологической опасности используемых в ГП растворов и электролитов (C_0 /ПДК); выбором рациональной системы водопотребления (q/Q); повышением эффективности работы очистных сооружений (повышение степени очистки сточных вод (СВ) (μ)).

Унифицированный показатель качества (УПК) воды определяется суммой наибольших относительных концентраций вредных веществ по n-компонентам

$$W = \sum_{i=1}^{n} \delta_{i} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_{i}}{c_{i}}.$$
 (2)

Как правило в состав воды, атмосферы, почвы входят множество загрязняющих веществ (3В). При оценке комбинированного действия смеси веществ на основе ПДК устанавливают лимитирующий (минимальный из всех перечисленных значений) показатель вредности (ЛПВ) по наиболее чувствительному компоненту. Нахождение, например, в питьевой воде нескольких химических соединений, относящихся к 1 и 2 классам опасности и нормируемых по одному и тому же признаку вредности, обуславливает необходимость оценки суммы относительных концентраций (2), верхний предел которой ограничен единицей (формула Аверьянова):

$$\frac{x_1}{c_1} + \frac{x_2}{c_2} + \dots + \frac{x_n}{c_n} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{c_i} = \sum_{i=1}^n \delta_i \le 1.$$
 (3)

В практике комплексной экологической оценки производственных объектов находит применение коэффициент безотходности,

$$K_{\mathsf{F}} = \psi(K_{\mathsf{F}}, K_{\mathsf{P}}),\tag{4}$$

вычисляемый на основе коэффициента экологичности производства

$$K_{\exists} = k_{\alpha} \cdot k_{\alpha} \cdot k_{n} \tag{5}$$

и коэффициента полноты использования ресурсов

$$K_{\rm P} = \frac{\rm P - O}{\rm P}.\tag{6}$$

Здесь в формулах (4) – (6) k_a , k_e , k_n – коэффициенты соответствия экологическим требованиям для атмосферы, водных объектов, почвы; P – количество используемых ресурсов основного и вспомогательного производства, T/FOD; O – количество отходов, включая отбросы и потери, производства, T/FOD.

Расчёт коэффициентов k_a , k_{β} проводится по формуле

$$K = 1 - \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i - c_i}{c_i} \cdot \frac{x_i}{c_i}; \quad K = 1 - \sum_{i=1}^{n} (\delta_i - 1) \delta_i, \quad \delta_i = \frac{x_i}{c_i}.$$
 (7)

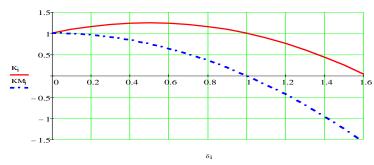
Коэффициент соответствия экологическим требованиям для почвы (k_n) в настоящее время принимают равным единице.

Характер изменения коэффициента, вычисляемого на основе (7) отражает листинг 1.

Листинг 1

$$i := 0..30$$
 $\delta_i := 0.1 \cdot i$

$$\mathbf{K}_{\mathbf{i}} := 1 - \delta_{\mathbf{i}} \cdot (\delta_{\mathbf{i}} - 1)$$
 $\mathbf{K}\mathbf{M}_{\mathbf{i}} := 1 - (\delta_{\mathbf{i}})^2$



Коэффициент соответствия экологическим требованиям (7) приемлем для компонент, ограниченных верхним предельным значением, и изменяется в зависимости от исходного показателя по убывающей квадратичной зависимости. При этом на интервале изменения исходного показателя от 0 до предельнодопустимой величины он не меньше единицы и имеет при $\delta_i = 0,5$ максимальное значение $K_{\text{max}} = 1 - \left(\delta_i - 1\right)\delta_i = 1 - \left(0,5-1\right)0,5 = 1,25$. Отметим, что в данном случае максимальное значение коэффициента не соответствует идеальной системе. Большие значения коэффициент имеет при значениях, равных половине ПДК. При значениях, равных предельно допустимым, он равен также как и для идеальной системы единице.

Количественную оценку коэффициента безотходности проводят для промышленных объектов мощностью производства продукции 100 т/год и более.

Для значений $K_{\rm P}$, принадлежащих интервалу (0,9; 1,0], производство мощностью 100 т/год считают безотходным. Если $K_{\rm P}$ лежит на интервале (0,8; 0,9] — производство малоотходное, при значении $K_{\rm P} \le 0.8$ — рядовое.

Для оценки степени загрязнения атмосферы наиболее часто находят применение комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), учитывающий несколько примесей с наибольшей относительной концентрацией (по пяти приоритетным веществам, определяющим состояние атмосферы в городе), безразмерный стандартный индекс (СИ), определяемый по наибольшей относительной концентрации примеси за данный период наблюдений, наибольшая повторяемость (НП) превышения ПДК одной или несколькими примесями за определённый период времени (месяц, год).

Аналогичный показатель для воды — индекс загрязнения воды (ИЗВ) — среднее от суммы относительных концентраций приоритетных загрязнителей (n=6), входящих в состав воды (табл. 1).

Таблица 1 — Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды

Воды	Значения ИЗВ	Классы качества вод
Очень чистые	до 0,2	I
Чистые	0,2-1,0	II
Умеренно загрязненные	1,0-2,0	III
Загрязненные	2,0-4,0	IV
Грязные	4,0-6,0	V
Очень грязные	6,0–10,0	VI
Чрезвычайно грязные	>10,0	VII

Расчёт ИЗВ в соответствии с комплексной оценкой загрязнённости вод по Г.Т. Фрумину и Л.В. Баркану для составляющих C_i /ПДК с неоднозначно нормируемыми компонентами проводят с учётом следующих условий:

• для концентрации растворенного кислорода (РК) (ПДК – не менее c_i =4 мг/дм³) в качестве нормативов устанавливают эквивалентные значения слагаемых $\delta_i = x_i/c_i$ (табл.2);

Таблица 2 – Значения показателя $\delta_i = x_i/c_i$ в зависимости от концен-

трации растворённого кислорода

трации растворенного кислорода	
Концентрация растворённого кислорода (мг O_2 /л)	Значение $\delta_i = x_i/c_i$
Более или равно 6	6
Менее 6 до 5	12
Менее 5 до 4	20
Менее 4 до 3	30
Менее 3 до 2	40
Менее 2 до 1	50
Менее 1	60

• действующие нормативы по водородному показателю рН для воды задают граничными значениями интервала от 6,5 до 8,5, а для каждого сверхнормативного значения рН, выходящего за границы этого диапазона, устанавливают специальные значения слагаемых $\delta_i = x_i/c_i$ (табл.3);

Таблица 3 – Значения показателя ПДК в зависимости от $\delta_i = x_i/c_i$

Диапазон изменения рН		Значение $\delta_i = x_i/c_i$
Более или равно 6.5		1
и менее или равно 8.5		
Менее 6.5 до 6	Свыше 8.5 до 9	2
Менее 5 до 3	Свыше 9 до 9.5	5
Менее 3	Свыше 9.5	20

• для биологического потребления кислорода БПК $_5$ (ПДК — не более 3 мг ${\rm O_2/дm}^3$ для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг ${\rm O_2/дm}^3$ для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования) вводятся специальные значения нормативов, определяемых в функции самого значения БПК $_5$ (табл.4).

Таблица 4 – Значения показателя ПДК в зависимости от БПК₅

Показатель БПК $_5$ (мг O_2 /л)	Значение норматива (ПДК) (мгО2/л)
Менее 3	3
От 3 до 15	2
Свыше 15	1

Необоснованно требование методики: "При равенстве величин $\delta_i = x_i/c_i$ предпочтение дается веществам, имеющим токсикологический признак вредности", так как результат расчета ИЗВ инвариантен к видам ингредиент, отобранным в «шестерку».

В соответствии с методикой НИИ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана (Ю.В. Новиков и др.) эквивалентные значения δ_i для растворённого кислорода при нормируемом нижнем уровне значением L_i рассчитывают по формуле

$$\delta_i = 1 + \frac{10(L_i - C_i)}{L_i}. \tag{8}$$

Графики рассмотренных в таблицах 2-4 зависимостей и рассчитанных для РК δ_i по формуле (8) показаны на рисунках 2-3.

Нормативы качества воды различных источников заданы в Государственных стандартах − ГОСТ 2874, ГОСТ 24902, ГОСТ 17.1.3.03, ГН 2.1.5.1315-03 и определены различными перечнями, нормами, санитарными правилами и нормами охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами СНиП № 4630 и др.

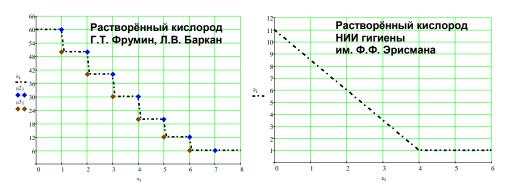


Рисунок 2 – Зависимости эквивалентных относительных значений концентраций растворённого кислорода от их абсолютных значений

В качестве основных нормативов качества воды различных источников выступают предельно-допустимые концентрации (ПДК), ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) и ориентировочно-безопасные уровни воздействия (ОБУВ), нормативы допустимых сбросов (НДС) загрязняющих веществ и нормативы допустимых воздействий (НДВ) [1-10]. Показатель химического загрязнения (ПХЗ) воды оценивается по 10 ингредиентам

$$\Pi X3 - 10 = \sum_{i=1}^{n} C_i / \Pi \coprod K_i, \quad n = 10.$$

Для компонент с относительными концентрациями ниже единицы отношение $C_i/\Pi \beth K_i$ принимают равным единице, т.е. их не учитывают.

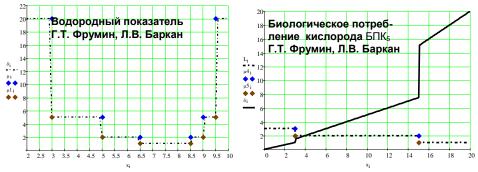


Рисунок 3 — Зависимости эквивалентных относительных значений концентраций для водородного показателя и биологического потребления кислорода БПК₅

При оценке состояния ВО с использованием комбинаторного индекса загрязнённости (КИЗ) по каждой компоненте учитывают относительное число случаев превышения ПДК $H_i = N_{\Pi Д K_i} / N_i$, равное отношению количества случаев $N_{\Pi Д K_i}$ превышения ПДК к общему числу измерений N_i

КИЗ =
$$\sum_{i=1}^{n} \left(C_i / \Pi \coprod K_i \cdot N_{\Pi \coprod K_i} / N_i \right)$$
.

Согласно методики НИИ гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана комплексную оценку проводят для каждого лимитирующего признака (критериев санитарного режима $W_{\rm c}$, органолептических свойств $W_{\rm d}$, опасности санитарнотоксилогического загрязнения $W_{\rm ct}$, эпидемиологической оценки $W_{\rm g}$) по общим формулам

$$W = 1 + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (\delta_i - 1), \quad W = 1 + \frac{1}{n-m} \sum_{i=1}^{n} (\delta_i - 1).$$

Компоненты с относительными концентрациями δ_i ниже единицы принимают за единичные значения. В отличие от первой вторая из приведенных формул исключает из общего числа n ингредиентов m компонент с $\delta_i < 1$.

Согласно экотоксилогическому критерию Т.И. Моисеенко степень загрязнения ВО оценивается как сумма показателей, отражающих физикохимические оценки $X_{\Phi^{-\mathbf{X}}}$ (взвешенные вещества, минерализация, содержание сульфат-ионов), загрязнения токсичными веществами X_{TOKC} , и оценки эвтрофирования $X_{\Sigma} = X_{\mathrm{TOKC}} + X_{\Phi^{-\mathbf{X}}} + X_{\mathrm{3BT}}$,

которые вычисляют по формулам

$$X_{ ext{токс}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{\Pi \coprod K_i}; \quad X_{\phi-x} = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{C_i}{C_{\phi \text{он max } i}} - 1 \right); \quad X_{\text{эвт}} = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{C_p}{C_{P \phi \text{он}}} - 1 \right).$$

Здесь $C_{\text{фон max}i}$ – максимальные фоновые значения; C_p , $C_{P\,\text{фон}}$ – оцениваемое и фоновое значения концентраций минерального фосфора.

В оценке загрязнённости природно-технических систем (ПТС) по Γ .Т. Фрумину и Л.В. Баркану используется частная функция желательности Харрингтона

$$d_i = e^{-e^{p_i}}$$
 $p_i = b_0 + b_1 \frac{C_i}{\Pi \coprod K_i}$,

а в оценке условного риска (Ю.В. Новиков) логарифмическая зависимость

$$R_i = b_i \lg \left(\frac{C_i}{\Pi \coprod K_i} \right)$$

 b_0 , b_1 – специальные коэффициенты.

В соответствии с методом классификации вод В.П. Емельяновой [10] степень загрязнения оценивают по количеству ингредиент, концентрация которых превышает заданные уровни

$$n_1 = n \Big|_{\delta_i > 1}, \quad n_2 = n \Big|_{\delta_i > 10}, \dots, n_i = n \Big|_{\delta_i > 30}, \dots$$

Комбинаторный индекс загрязненности (УКИЗВ) учитывает повторяемость случаев загрязнения (Π CЗ), среднюю кратность превышения Π ДК (СКП) и количество критических показателей загрязнённости (КПЗ) F

УКИЗВ =
$$\Pi$$
C3×СКП/ $(1-0.5 \cdot F)$

За КПЗ принимаю компоненты, у которых обобщённый оценочный балл выше девяти. При F>5 вода оценивается как "экстремально грязная" (пятый класс загрязнения).

Гигиеническая оценка загрязнения почв каждым отдельным металлом также строится на основе ПДК или на ориентировочно допустимой концентрации (ОДК) тяжёлых металлов в почве. Оценка загрязнения металлами, для которых не установлены нормативы ПДК и ОДК, проводится по фоновым значениям (ФЗ) концентраций.

Содержание металла, превышающее ФЗ в три и более раз, служит показателем загрязнения почв данным металлом.

При оценке степени химического загрязнения почв для городов с действующими источниками загрязнения находят практическое применение коэффициенты концентрации химических веществ – единичный индекс загрязнения (Kc_i) и суммарный индекс загрязнения (Zc), вычисляемые при известных текущих C_i ($\text{M}\Gamma/\text{K}\Gamma$) и фоновых F_i ($\text{M}\Gamma/\text{K}\Gamma$) значениях концентраций каждой из n компонент 3B по формулам

$$Kc_i = \frac{C_i}{F_i}$$
, $Zc = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{F_i} - (n-1) = \sum_{i=1}^n Kc_i - (n-1)$. (9)

Оценивание ведётся по шкале загрязнения почвы тяжёлыми металлами: допустимая (Zc < 16); умеренно опасная ($Zc \in (16, 32]$); опасная ($Zc \in (32, 128]$); чрезвычайно опасная (Zc > 128).

Представляет интерес, рассмотренный в работах [3, 4], индикатор Б – интегральный оценочный балл. Расчёт оценок в соответствии с этим критерием проводят по формуле:

$$\mathbf{F} = \left(\sum_{i=1}^{n} 1/\Pi \mathbf{\Pi} \mathbf{K}_{i} / \sum_{i=1}^{n} \frac{C_{i}}{F_{i}} \cdot \frac{1}{\Pi \mathbf{\Pi} \mathbf{K}_{i}}\right) \cdot 100 = \left(\sum_{i=1}^{n} K_{i} / \sum_{i=1}^{n} \frac{C_{i}}{F_{i}} \cdot K_{i}\right) \cdot 100 = \frac{D_{\Phi}}{D} \cdot 100$$

Коэффициент значимости элементов $K_i=1/\Pi \beth K_i$ в (10) обратно пропорционален $\Pi \beth K$ или $O \beth K$. Приведённый суммарный коэффициент концентрации для фоновой почвы D_{Φ} в формуле (10) вычисляют как сумму коэффициентов значимости n — компонент, входящих в состав исследуемой почвы

$$D_{\Phi} = \sum_{i=1}^{n} 1/\Pi \coprod K_i = \sum_{i=1}^{n} K_i, \qquad (11)$$

а приведённый суммарный коэффициент концентрации D – по формуле

$$D = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{F_i} \cdot \frac{1}{\prod \coprod K_i} = \sum_{i=1}^{n} \frac{C_i}{F_i} \cdot K_i$$
 (12)

Для компонент с концентрацией меньше фоновой $C_i < F_i$ принимают $C_i/F_i = 1$. Оценивание состояния почв в соответствии с рассмотренным подходом ведётся на основе следующей градации уровней загрязнения:

- 1 низкий уровень загрязнения (100 –75 баллов);
- 2 средний уровень загрязнения (75 50 баллов);
- 3 повышенный уровень загрязнения (50 25 баллов);
- 4 высокий уровень загрязнения (25 –10 баллов);
- 5 чрезвычайно высокий уровень загрязнения (10 0 баллов).

Применение в оценке состояния почвы оценочного балла (10) — (12) позволяет в отличие от суммарного индекса загрязнения (9) определять качество в строго заданном диапазоне от 0 до 100 ($\mathbf{E} \in [0,\ 100]$), а не загрязнение почвы и учитывать величину ПДК. При этом меньшим значениям концентраций соответствуют большие значения оценочного балла.

Вместе с тем, введённый в (10) коэффициент значимости $K_i=1/\Pi \square K_i$ учитывает соотношение $\Pi \square K$ отдельных компонент, так как, по сути, является весовым коэффициентом при отдельных слагаемых C_i/F_i . Однако сами значения $\Pi \square K$ по своей сути — эквиваленты предельных воздействий на ОС и человека, а их различия обусловлены разным действием отдельных элементов на ОС. Следовательно, введение коэффициентов $K_i=1/\Pi \square K_i$, по существу нивелирует эту зависимость и в общем случае приводит к её искажению, за счёт перераспределения весов отдельных компонент в интегральной оценке (10).

Кроме того, данный индикатор (10) исключает оценку области, для которой концентрации отдельных элементов меньше фоновой $C_i < F_i$, что значительно сужает возможности использования этого показателя.

Проведенный анализ позволяет выделить в качестве основных следующие недостатки существующих показателей.

- 1. Применение в качестве начала отсчёта предельно-допустимых концентраций. ПДК величина не экологическая, а санитарнотоксикологическая.
- 2. Отслеживание экологического состояния лишь по одной составляющей химической и только по направлению состав. Игнорирование физической и биотической компонент, либо их рассмотрение в недостаточном для принятия объективных решений объёме. Пренебрежение оценкой процессов, свойств и явлений, протекающих в контролируемом или исследуемом объекте.
 - 3. Слабая научная обоснованность вводимых показателей.
- 4. Не достаточная чувствительность, значительные погрешности измерений (например, по воздуху ошибка может достигать 40% и более).
- 5. Отсутствие конструктивизма. Не сопоставимость получаемых результатов для различных компонент и для разнородных объектов.
- 6. Низкая совместимость показателей с требованиями, обусловленными системами управления, а именно: простота интерпретации и возможность

принятия оперативных решений. Большое разнообразие оценок, сложность и неоднозначность их трактовки.

Изложенное выше позволяет сформулировать основные требования к показателям и индикаторам экологического состояния ПТС.

- 1. Единство оценок для разнородных показателей, возможность оценки экологического совершенства многокомпонентных экосистем, сопоставимость получаемых результатов для различных компонент и для разнородных объектов.
- 2. Согласованность вводимых оценок с существующими показателями. Простота вычисления и определения степени экологической безопасности экосистем.
- 3. Отражение физического смысла, понятность, устойчивость, прозрачность, критериев и показателей экологического состояния.
- 4. Пригодность показателей для проведения эколого-техникоэкономического анализа, наблюдения, мониторинга, контроля и управления разнородными промышленными объектами, наглядность представления информации в автоматизированных системах управления. Возможность формирования на их основе единых критериев и управляющих воздействий.
- 5. Эффективность применения экологических показателей в научных исследованиях и проектировании технологических систем химии и нефтехимии, системном экологическом мониторинге.
- 6. Согласованность экологических индикаторов и показателей с общими техническими и экономическими оценками и показателями, доступность и возможность их широкого использования специалистами других направлений, а также широкой общественностью.

С целью обеспечения сформулированных требований, важнейшее из которых — единство разнородных показателей и возможность оценки экологического совершенства многокомпонентных объектов технологических систем и окружающей среды, авторами разработана система математических моделей индикаторов и компонентный портрет, обеспечивающие трансформацию результатов наблюдений в единую область пространства [11 – 23].

Таким образом, проведенный анализ существующих методов экологического оценивания, показателей и индикаторов, используемых в научных исследованиях и проектировании, в экологическом мониторинге состояний в практике оценки экологических состояний ПТС показывает, что, несмотря на значительное их разнообразие, отсутствует единая система показателей для разнородных многокомпонентных экосистем, отражающая экологическое состояние ПТС в едином пространстве состояний. Проведено обобщение принципов [11, 12], введён комплекс индикаторов и компонентный портрет экологических состояний природно-технической системы [13 –19], разработаны математические модели индикаторов [11, 14], метод и структура экологического мониторинга [20], на основе которых построена методика [21 – 23], обеспечивающая повышение достоверности, расширение возможностей научных исследований и проектирования технологических систем, мониторинга и прогнозирования их экологического риска.

Список литературы

- 1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 г. 74-Ф3. 2006. 33c.
- 2. Водный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 28.06.2014).

- 3. Обзор подходов к нормированию качества вод / Д.В. Рисник, С.Д. Беляев, $H.\Gamma$. Булгаков и др. // Экологическая экспертиза. 2013. N 4. С. 2-47.
- 4. Подходы к нормированию качества окружающей среды. Методы, альтернативные существующей системе нормирования в Российской Федерации / Д.В. Рисник, С.Д. Беляев, Н.Г. Булгаков и др. // Успехи современной биологии. 2013. Т. 133. № 1. С. 3-18.
- 5. Беляев С.Д. Использование целевых показателей качества воды при планировании водохозяйственной деятельности // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2007. № 3. С. 3-17.
- 6. Беляев С.Д. Водный кодекс и практика нормирования // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. $2008. N \cdot 24. C.$ 4-14.
- 7. Булгаков Н.Г. Индикация состояния природных экосистем и нормирование факторов окружающей среды: обзор существующих подходов. -2002. -T. 122. -№2. -C. 115-135.
- 8. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонтов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений. Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
- 9. Яйли Е.А. Научные и прикладные аспекты оценки и управления урбанизированными территориями на основе инструмента риска и новых показателей качества окружающей среды / Под ред. Л.Н. Карлина. СПб.: РГГМУ, ВВМ, 2006. 448с.
- 10. Емельянова В.П., Данилова Г.Н., Родзиллер И.Д. Способ обобщения показателей для оценки качества поверхностных вод // Гидрохимические материалы. — 1980. — Т. 77. — С. 88-96.
- 11. Прошин И.А., Прошин Д.И., Сюлин П.В. Принципы генерализации в формировании системы информационных индикаторов экодинамики // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 01 (17). С. 215-219.
- 12. Прошин И.А., Прошин Д.И., Сюлин П.В. Принципы генерализации в системном экологическом мониторинге // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. -2014.- N = 01 (17). -C. 225-232.
- 13. Прошин И.А., Сюлин П.В. Метод и алгоритм формирования системы информационных индикаторов экодинамики // Современное состояние и перспективы развития технических наук: сб. статей Международной научнопрактической конференции. Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. С. 66-69.
- 14. Прошин И.А., Сюлин П.В. Оценка экологической безопасности многокомпонентных систем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. $2013. N_{\odot} 09 (13). T. 1. C. 144-156.$
- 15. Прошин И.А., Сюлин П.В. Компонентный портрет экологической безопасности // Проблемы региональной экологии. 2013. № 6. С. 151-154.
- 16. Прошин И.А., Сюлин П.В. Оценка качества сточных вод в пространстве вектора экологической безопасности // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2013. N 99(13). T. 1. C. 183-189.
- 17. Прошин И.А., Сюлин П.В. Система информационных индикаторов в оценке экологического состояния атмосферы // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. N 01 (17). C. 242-253.
- 18. Прошин И.А., Прошина Р.Д., Сюлин П.В. Индикаторы и компонентный портрет в оценке качества изготовленных из отходов гальванического производства красок // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 05 (21). С. 211-219.

- 19. Прошин И.А., Сюлин П.В. Оценка состояния технических систем в пространстве вектора экологической безопасности // Образование, наука, технологии: сб. науч. тр. XXII Всероссийской научно-практической конференции. Майкоп, 2013. С. 65-71.
- 20. Прошин И.А., Прошина Р.Д., Сюлин П.В. Индикатор экологического состояния в мониторинге сточных вод гальванических производств // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. -2014. -№ 05 (21). -C. 288-299.
- 21. Прошин И.А., Прошина Р.Д., Сюлин П.В. Индикаторы экологических состояний в исследованиях природно-технических систем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. N 05 (21). C. 319-230.
- 22. Прошин И.А., Сюлин П.В. Методика определения экологического состояния экосистем // Проблемы современной биологии: материалы IX Международной научно-практической конференции. Москва: Изд-во «Спутник+», 2013. С. 24-32.
- 23. Прошин И.А., Сюлин П.В. Методика оценки производственных объектов в пространстве вектора экологической безопасности // Современное общество, образование и наука: сб. науч. тр. по материалам международной научно-практической конференции. Тамбов, 2013. Ч. 2. С. 131-132.

УДК 620.98

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОВОРОТНОЙ МИКРОГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ТИХОХОДНЫХ РЕКАХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

- © **А.А. Баклин,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **В.М. Голощапов,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © Д.А. Асанина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © **А.В. Рябов,** ООО «Старт-Парк Пенза» (г. Пенза, Россия)

RESEARCH OF POSSIBILITY OF APPLICATION OF WHIRLPOOL MICROHYDROELECTRIC POWER STATION ON THE LOW-SPEED RIVERS OF THE PENZA REGION

- © A. A. Baklin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © V.M. Goloschapov, Penza State Technological University (Penza, Russia)
 - © D.A. Asanina, Penza State Technological University (Penza, Russia)
 - © A.V. Ryabov, LLC "Start-Park Penza" (Penza, Russia)

В статье рассматривается возможность применения микрогидроэлектростанции водоворотного типа в условиях малых рек Пензенской области для выработки электроэнергии. Рассматривается гидроэнергетический потенциал региона, схема конструкции, особенности и преимущества водоворотной микроГЭС.

Ключевые слова: гидроэнергетика, возобновляемые источники энергии, микрогидроэлектростанция, тихоходные реки, малая энергетика.

The article discusses the possibility of using micro hydro eddy type in the conditions of small rivers of the Penza region to generate electricity. We consider the hydropower potential of the region, the circuit design, features and advantages of the eddy micro hydro.

Key words: hydropower, renewable energy, micro hydro, slow-moving rivers, small power.

В настоящее время значительно возросла потребность в электроэнергии. Несомненно, именно электричество является основой современной цивилизации. Без электроэнергии мы не можем представить нормальную жизнь современного человека.

Однако в Пензенской области пока еще существует проблема доставки традиционной электроэнергии в населенные пункты в сельской местности, при этом в некоторых удаленных и труднодоступных поселениях традиционное энергоснабжение вообще отсутствует. Поэтому обеспечение удаленных объектов электроэнергией является актуальной задачей, для решения которой мы предлагаем использовать возобновляемые источники энергии, а именно малую гидроэнергетику. Данное инновационное направление наряду с обеспечением объектов электроэнергией позволит также повысить ресурсосбережение и энергоэффективность, снизить объемы выбросов парниковых газов (CO₂, SO₂, NO₂), скоординировать решение широкого класса задач по охране среды обитания.

Выработка электроэнергии с использованием энергии движущейся воды, особенно — энергии небольших водотоков — является наиболее экономичным и экологически чистым способом. Малая гидрогенерация является на данный момент самым быстро растущим сегментом ВИЭ в мире.

В Пензенской области протекает немало рек, энергия которых может быть эффективно использована для производства электроэнергии, например, реки Айва, Атмисс, Вад, Ломовка и многие другие. Большая часть из 297 рек, протекающих в Пензенской области, имеет скорость $0,3-1,5\,$ м/с, поэтому их можно классифицировать как тихоходные (рис. 1).



Рисунок 1 – Расположение крупнейших рек Пензенской области

В условиях малых рек, протоков и полноводных ручьев невозможно применить ГЭС классического типа. В этом случае решением является применение микрогидроэлектростанций.

В малых, микро- или нано-ГЭС сочетаются преимущества большой ГЭС с одной стороны и возможность децентрализованной подачи энергии с другой стороны. У них отсутствуют многие недостатки, характерные для больших

ГЭС, а именно: дорогостоящие трансмиссии, проблемы, связанные с негативным воздействием на окружающую среду.

На сегодняшний день существует достаточно большое разнообразие микрогидроэлектростанций, позволяющих выполнить поставленную задачу. Однако в условиях средней полосы России, где скорости рек не превышают 2 м/с, существующие микроГЭС будут неэффективны. Предлагается новая конструкция микроГЭС – водоворотная, в которой учитывается специфика водных объектов средней полосы России (рис. 2).

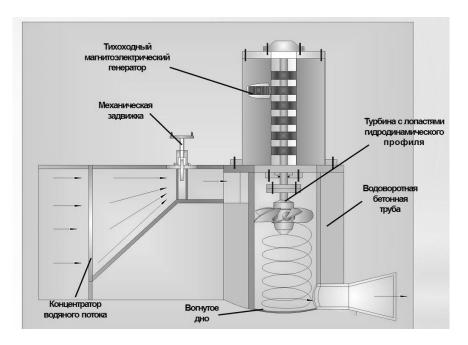


Рисунок 2 – Схема водоворотной микрогидроэлектростанции

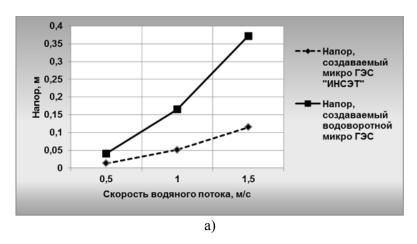
Технические решения, обеспечивающие работы водоворотной микро ГЭС и позволяющие достичь преимущества перед аналогами. Ускоренный концентратором (конфузором) водяной поток направляется в водоворотную бетонную трубу, где образует водоворот, вращающий турбину. Далее это движение передается на вал магнитоэлектрического генератора, где вырабатывается электроэнергия. Водяные задвижки служат для регулирования потока воды в соответствии с сезонными условиями. Вогнутой формы дно водоворотной трубы способствует стабилизации водяной воронки. Вырабатываемая генератором электроэнергия поступает в аккумуляторные батареи, где накапливается. Контроллер заряда-разряда отправляет информацию о выработанном электричестве на персональный компьютер, где можно получить постоянный доступ к ней в режиме on-line, проследить динамику. Для потребительского использования накопленная электрическая энергия через инвертор подается в электрическую сеть общего пользования.

Приведенная конструкция водоворотной микроГЭС защищена патентом РФ № 143303 от 19.06.2014.

К важным особенностям данной микро гидроэлектростанции можно отнести: возможность использования тихоходного генератора для малопроточных

рек, скорость течения которых от 0,5 м/с, отсутствие необходимости возведения сложной и дорогой плотины, инженерная простота конструкции, относительная дешевизна изготовления, повышение КПД за счет использования конфузора, наличие вогнутого дна, способствующего стабилизации водяной воронки.

Нами был проведен теоретический сравнительный анализ основных характеристик: напора, необходимого для функционирования гидроэлектростанции, и коэффициента использования энергии воды для предлагаемой водоворотной микро ГЭС и микро ГЭС одного из российских производителей «ИНСЭТ» (рис.3). Из приведенных графиков виден приоритет водоворотной микро гидроэлектростанции в отношении рассматриваемых характеристик.



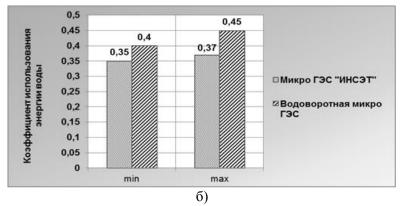


Рисунок 3 — Сравнительный анализ напора (а) и коэффициента использования энергии воды (б) водоворотной микро ГЭС и «ИНСЭТ»

Кроме того, преимуществами данного типа микро ГЭС являются терморегуляция водоема и аэрация воды за счет образующегося водоворота, независимость от погодных условий, т.е. продолжение функционирования зимой, отсутствие вреда для представителей аквакультуры и, что особенно важно для условий Пензенской области, возможность использования энергии тихоходных рек.

В конструкции водоворотной микро Γ ЭС предусмотрено использование концентратора (конфузора) для увеличения скорости входящего водного потока (рис. 4).

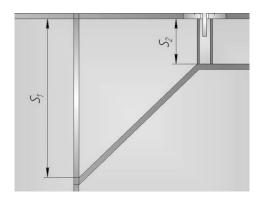


Рисунок 4 – Схема конфузора микроГЭС

Расход воды μ , проходящий через сечение конфузора, при равных давлениях на входе и выходе равен нулю, а при повышении давления Δp на входе идет повышение расхода воды. Влияние степени сужения n конфузора на расход воды μ , проходящей через него, при постоянной разности давления Δp , достигающей определенной величины перед ним и за ним (Δp - const), изображено на графике (рис. 5).

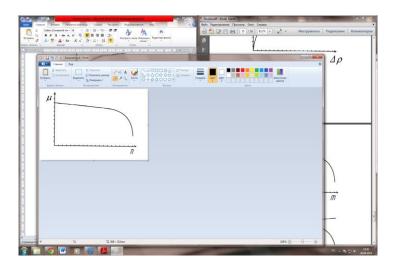


Рисунок 5 – Зависимость расхода воды от коэффициента сужения [3]

$$n=S_1/S_2;$$
 (1) где S_1 - площадь на входе, S_2 - площадь на выходе.

Как видно из графика, при определенной величине давления определенная степень сужения конфузора приводит к тому, что через него начинает падать μ , расход воды.

Следовательно, становится не эффективно для конфузора делать слишком большую степень сужения.

Входное отверстие конфузора имеет прямоугольную форму площадью S_1 , выходное отверстие также прямоугольной формы - площадь S_2 . Соотношение этих площадей предусмотрено в диапазоне от 2 до 2,5 в зависимости от

скорости течения реки и ширины русла. Так при степени сужения n равном 2,5, в водоворотную трубу будет направлен ускоренный кратно степени сужения n поток воды. При средней скорости течения воды, попадающей в конфузор, равной 1 м/с, в водоворотной трубе входящий поток воды будет иметь скорость около 2,5 м/с с учетом КПД конфузора 70%. При скорости входящего в конфузор потока равной 0,5-0,8 м/с скорость потока, попадающего в водоворотную трубу будет составлять 1,25-2 м/с.

Приняв во внимание наличие в установке кофузора, можно оценить мощность предлагаемой микроГЭС. Для этого необходимо знать следующие показатели для предполагаемого места установки станции:

- средний уклон реки, H (м/км) (напор водотока);
- средний расход воды в период летней межени, $Q(m^3/c)$;
- средняя скорость течения в период летней межени, V(M/c);
- число часов в году с открытым руслом, Ч.

Мощность всей установки при разности уровней воды в начале и конце участка реки H (м) на длине участка L(м) и среднем расходе воды Q (м³/с) составит (Вт):

$$P = \eta \rho g Q H; \tag{2}$$

где η – коэффициент полезного действия гидроэлектроагрегата;

 ρ – плотность воды (1000), кг/м³;

g – ускорение свободного падения (9,81), м/ c^2 .

Мощность заявленной микро ГЭС предполагается в диапазоне 0,5-3 кВт. Электроэнергия, полученная в результате работы водоворотной микро ГЭС, может быть использована для функционирования баз отдыха, частных дачных участков, бытовых приборов, уличного освещения, медицинских пунктов и остановок общественного транспорта, а также объектов агропромышленного комплекса – коровников и телятников, теплиц и овощехранилищ.

Таким образом, в данной статье рассмотрена возможность выработки электроэнергии на основе гидроэнергетического потенциала Пензенской области с помощью водоворотной микрогидроэлектростанции. Необходимо отметить, что рассмотренный подход применим для всех тихоходных рек с течением от 1м/с.

Список литературы

- 1. Асарин А.Е. Потенциал малых ГЭС стран СНГ. Оценки и реальность.// Малая энергетика. 2013. № 1-2. с. 16-20.
- 2. Мини-ГЭС по принципу водоворота, изобретение австрийского изобретателя Франца Цотлётерер. [Электронный ресурс] URL: http://www.zotloeterer.com (дата обращения 17.09.2013)
- 3. Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ от 8 января 2009 г. N 1-р // Собрание законодательства РФ. 2009. № 4. Ст. 515.
- 4. Патент RU 143303 U1 «Микро водоворотная электростанция» от 19.06.2014.

УДК 504.054

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗОЛ ОТ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- © **Н.И. Зубрев,** Московский Государственный университет путей сообщения (г. Москва, Россия)
- © **М.В.Устинов**, Московский Государственный университет путей сообщения (г. Москва, Россия)
 - © **Т.В. Матвеева,** Московский Государственный университет путей сообщения (г. Москва, Россия)
 - © **И.Ю. Крошечкина**, Московский Государственный университет путей сообщения (г. Москва, Россия)

THE COMPARATIVE ANALYSIS AND ECOLOGICAL SAFETY OF ASHES PRODUCED FROM BURNING PRODUCTION WASTES FOR THE ENVIRONMENT

- © N. I. Zubrev, Moscow State University of Means of Communication (Moscow, Russia)
- © M.V. Ustinova, Moscow State University of Means of Communication (Moscow, Russia)
- © T. V. Matveeva, Moscow State University of Means of Communication (Moscow, Russia)
- I. Y. Kroshechkina, Candidate of Technical Science, associated professor, Moscow State University of Means of Communication (Moscow, Russia)

Проанализированы золы от сжигания отработанных деревянных шпал и нефтесодержащих отходов. Определен химический состав и рассчитаны классы опасности для окружающей среды и человека, а также их фитотоксичность. Установлено что несмотря на их одинаковый класс опасности, зола от сжигания отработанных деревянных шпал экологически безопасна для окружающей среды.

Ключевые слова: золы, золоотходы, нефтесодержащие отходы, фитотоксичность золоотходов.

Ashes from burning waste wood sleepers and oily waste are analyzed. The chemical composition is determined and hazard classes for the environment and human are calculated, as well as their phytotoxicity. It was found that despite their identical hazard class, ash from burning waste wood sleepers is safe for the environment.

Key words: gold ash, oily waste, phytotoxicity of gold waste.

В России ежегодно образуется миллионы тонн отходов производства и потребления, которые в основном размещаются на почти переполненных полигонах. С целью уменьшения объемов отходов используют сжигание, которое осуществляют в термических установках. При этом в виде вторичного отхода образуется шлак и зола уноса. Установлено, что наибольшую опасность для окружающей среды представляет собой зола, так как она в процессе сжигания сорбирует загрязняющие вещества, в том числе тяжелые металлы. В зависимости от содержания загрязняющих веществ зола — уноса может относиться к различному классу опасности, по отношению к окружающей среде и здоровью человека [1].

В работе анализировали золы образованные от сжигания отработанных деревянных шпал на термической установке Инсенератор-5.0 и нефтесодержащих отходов на установке Форсаж-2.

Химический состав в золах определяли рентгенофлюоресцентным методом по трем образцам, отобранным в различные периоды времени. В состав золы от сжигания шпал входят, масс. %:

кремния диоксид -72.0; алюминия окись -6.7; магния окись -2.7; кальция окись -6.83; окись натрия -0.25; сульфаты -1.1; окись калия -1.6; пятиокись фосфора -0.6; окись ванадия -0.9; итого -92.68. Тяжелые металлы -7.32%. Общая сумма -100%.

Концентрация тяжелых металлов составила соответственно, ppm: As -15,125; Ni -53.29; Cu -326,9; Sn -7863,5; Fe -63837,5; Co -225,0; Mn -779,77; W -48,221; Mo -95,821.

В состав золы от сжигания нефтесодержащих отходов входят, масс %: кремния диоксид – 57,36; алюминия окись – 23,59; магния окись – 0,93; кальция окись – 4,07; окись натрия – 0,51; оксид марганца – 0,035; окись калия – 1,07; пятиокись фосфора – 1,13; диоксид титана – 1,28; оксид железа – 4,33; оксид серы – 2,92; хлор – 0,08; итого – 97,305. Тяжелые металлы – 2,695%. Общая сумма – 100%.

Концентрация тяжелых металлов составила соответственно, ppm: As -35; Ni -96; Cu -161; Sn -15; Cr -122; Co -30; Mo -11; V -152; Ni -96; Zn -192; Rb -23; Sr -1697; Zr -313; Ba -2125; U -5; Th -30; F -668; Y -63; Nb -30; Pb -73; La -122; Ce -231; Nd -101; Sc -25; Ga -35.

На основе химического состава зол рассчитывали класс опасности для окружающей среды [2] и здоровья человека [3] (табл. 1).

Таблица 1 — Класс опасности зол образованные от сжигания отработанных деревянных шпал

Происхождение зол	Класс опасности				
происхождение зол	Для окружающей среды	Для здоровья человека			
От отработанных деревянных шпал	4	3			
От нефтесодержащих отходов	4	3			

Фитотоксичность и агроэкологическую оценку золы от сжигания отработанных деревянных шпал проводили на вегетационной лабораторной установке с частично контролируемыми факторами среды: с помощью системы кондиционирования воздуха круглосуточно поддерживали температурносветовой и влажностный режимы. Температура воздуха $+25^{\circ}$ C $\pm1^{\circ}$ C (при освещении) днем и $+18^{\circ}$ C $\pm1^{\circ}$ C ночью, относительная влажность воздуха 50-60%. Освещенность растений осуществлялась лампами «Reflux», мощность каждой 400 вт. На уровне верхней кромки посева освещенность составляла в пределах 15-18 клк. Для выравнивания освещенности по вариантам и повторностям сосуды с растениями периодически меняли местами в пределах площади освещения. Фотопериод составлял 12 час при суточном цикле 24 часа. Субстратом являлась дерново-подзолистая среднесуглинистая почва хорошо окультуренная (pH сол. 4,5, Hr -3,79 мг·экв/100 г почвы, содержание Ca -6,2 мг·экв/100 г почвы, магния -2,4 мг·экв/100 г почвы, 20 г 20 мг/кг почвы, гумуса -2,1%).

В исследованиях в качестве биологических объектов использовали яровой ячмень «Носовский» и овес «Московский» на зел. массу. Растения выращивали в 3-х кратной повторности в вегетационных пластиковых сосудах, емкостью 1 дм^3 . Посадку растений проводили наклюнувшимися семенами из расчета по 10 растений.

Минеральные удобрения NPK в форме нитроаммофоски в качестве питательного фона вносили во всех вариантах опыта в почву из расчета 0,1 г д.в. на кг почвы. В каждом варианте опыта вносили золу, независимо от сочетания компонентов и вида, вносили по 2,0 г/сосуд при перемешивании со всем объемом почвы. Влажность почвы в сосудах поддерживали весовым методом дистиллированной водой на уровне 65% от ППВ. [4]

Фитотоксичность золы от сжигания нефтесодержащих отходов оценивали по всхожести семян редиса Raphanus sativus [5]. В качестве контроля проводили высевку семян в чашки Петри с водопроводной водой. Через 72 часа после постановки проб проводили подсчет проросших семян и измеряли длину корня проростков. Число повторности в эксперименте три. Для оценки уровня фитотоксичности вычисляется среднее арифметическое длины корней проростков в контрольном и опытном варианте и достоверное отклонение длины корней проростков опытного варианта по отношению к контролю, выраженное в процентах.

Фитотоксичность от сжигания нефтесодержащих отходов составила 68,3%, а от сжигания отработанных деревянных шпал 1,67%. Таким образом, несмотря на одинаковый класс опасности для окружающей среды и здоровье человека, зола от сжигания отработанных деревянных шпал экологически безопасна для окружающей среды.

Список литературы

- 1. Использование золы ТЭС для закрепления грунтов. / Под ред. Е.Н. Огородниковой. М.: Изд-во МГУ, 1984, 152 с.
- 2. Критерии отнесения отходов к классу опасности, утвержденные приказом МПР России от 15 июня 2001 г. № 511.
- 3. Санитарные правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления СП 2.1.7.1386-03 (зарегистрированы в Минюсте 19 июня 2003 года № 4755).
- 4. Журбицкий З.И. Теория и практика проведения вегетационных опытов. М.: Наука, 1968. — 266 с.
- 5. Галицкая П.Ю., Селивановская С.Ю., Гумерова Р.Х. Тестирование отходов, почв, материалов с использованием живых систем. Казань: Казанский университет, 2011. 47 с.

УДК 502.31

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИИ МЕДИ НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ И НЕМОЛИФИПИРОВАННЫХ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИНАХ

- © Д.Е. Борисков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **А.А. Кузьмин,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **А.А. Блинохватов,** Пензенский артиллерийский инженерный институт (г. Пенза, Россия)
- © **С.В. Зиновьев,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © **М.Н. Арзуманова**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

RESEARCH SORPTION OF COPPER ON MODIFIED AND UNMODIFIED BENTONITE CLAYS

- © D.E. Boriskov, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- ©A.A. Kuzmin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © A.A. Blinokhvatov, Penza State Technological University (Penza, Russia)
 - © S.V. Zinoviev, Penza State Technological University (Penza, Russia).
- © M.N.Arzumanova, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Были изучены сорбционные свойства природной и модифицированной бентонитовых глин Зырянского месторождения Курганской области. Показано, что неактивированные и активированные бентонитовые глины обладают значительными сорбционными свойствами по отношению к меди. Сорбционное равновесие в системе сорбент — раствор устанавливается в первые 60 минут контакта.

Ключевые слова: сорбционные свойства, бентонитовые глины, сорбционное равновесие, неактивированные активированные бентонитовые глины.

The sorption properties of natural and modified bentonite clay Zyryansky deposits Kurgan region was studied It is shown that non-activated and activated bentonite clay have significant sorption properties in relation to copper. Equilibrium sorption in the system sorbent - solution was in the first 60 minutes of contact.

Key words: sorption properties, bentonite clays, equilibrium sorption, non-activated and activated bentonite clay.

E-mail: Zinoviev.ser@yandex.ru

Бентонитом принято называть глину, содержащую не менее 70% минерала группы монтмориллонита. Монтмориллонит — это высокодисперсный слоистый алюмосиликат, в котором за счет нестехиометрических замещений катионов кристаллической решетки, появляется избыточный отрицательный заряд, который компенсируют обменные катионы, расположенные в межслоевом пространстве. Особенности кристалло-химического строения монтмориллонита предопределяют специфические свойства бентонитовых глин — адсорбционные, вяжущие, коллоидно-химические и др., благодаря которым эти глины находят широкое применение во многих технологических процессах, включая очистку промышленных сточных вод, содержащих тяжелые металлы (ТМ). Физико-химические свойства бентонитов, прежде всего, адсорбционные и катионообменные, напрямую зависят от содержания основного породообразующего компонента монтмориллонита и его структурных особенностей. В качестве объекта была взята бентонитовая глина Зырянского месторождения Курганской обла-

сти, сорбционная емкость которых колеблется в пределах 70-100 мг-экв/100 г. Для оценки катионообменной емкости бентонита использовали метод поглощения красителей основной природы (табл.1). Определено, что образцы бентонита, за исключением модифицированного кислотой, проявляют высокую адсорбционную способность по отношению к органическому красителю метиленовому голубому (МГ), в том числе при повышенной адсорбционной нагрузке [1,2].

Адсорбционные свойства природного и модифицированного бентонитов по отношению к органическому красителю метиленовому голубому представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Адсорбционные свойства природного и модифицированного бентонитов по отношению к органическому красителю метиленовому голубому

	Средняя величина показателя			
Показатель	Бентонит			
Horasatenb	природиций	модифицированный		
	природный	Na ₂ CO ₃		
Сорбционная емкость, мг-экв/ 100 г	80,7	132,7		

Природный бентонит можно напрямую использовать для очистки загрязненных ТМ вод, однако можно увеличить сорбционную емкость путем его модификации. [3,4,5,7] Для концентрирования монтмориллонита применяли обычное отмучивание, т.е. промывание дистиллированной водой и удаление кальцита путем перевода его в хлорид кальция при обработке золя глины 10%ным раствором соляной кислоты. Нейтрализацию кислотой золя глины осуществляли до тех пор, пока не прекратится образование пузырьков углекислого газа. Соляную кислоту в золь добавляли малыми порциями, так, чтобы после прекращения реакции значение рН было не менее 3. Далее глинистый минерал промывали водой многократной декантацией. Модифицирование карбонатом натрия (4 % раствор) оказывает влияние на химический состав бентонита. За счёт снижения содержания оксида кремния, в процессе растворения свободного кремнезема в щелочной среде, количество оксидов алюминия, железа, щелочных и щелочноземельных металлов в образцах увеличивается [3]. В результате замещения щелочноземельных металлов в ионообменном комплексе на ионы натрия, содержание последних возрастает, что приводит к увеличению ионообменной емкости глины от 75 до 140 мг-экв / 100 г глины. Зависимость величины равновесной концентрации (Ср) меди при сорбции на бентонитовых глинах от начальной концентрации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость величины равновесной концентрации (Ср) ме-

ди при сорбции на бентонитовых глинах от начальной концентрации

	Среднее значение равновесной	Среднее значение равновесной						
Исходная концентра-	концентрации меди в растворе	концентрации меди в растворе						
ция Cu^{+2} , г/л (C_o)	после сорбции Ср, (г/л)	после сорбции, Ср (г/л) Активи-						
	Немодифицированая глина	рованная глина						
1,5650	За пределами обнаружения	За пределами обнаружения						
0,1565	0,00505	0,00321						
0,0156	0,00235	0,00112						
0,00156	0,000148	0,000068						
0,00015	0,000046	0,0000022						

Зависимость величины равновесной концентрации (Ср) меди при сорбции на бентонитовых глинах от начальной концентрации показана на рисунке 1.

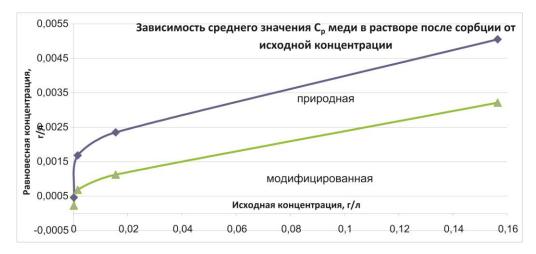


Рисунок 1 — Зависимость величины равновесной концентрации (Cp) меди при сорбции на бентонитовых глинах от начальной концентрации

Количество адсорбированного вещества определяется избытком вещества на границе фаз по сравнению с равновесным количеством. Если поверхность адсорбента неизвестна (пористые твердые адсорбенты), количество адсорбированного вещества относят к 1 г (или 1 кг) адсорбента. Избыток вещества в молях, отнесенный к 1 г адсорбента – называют адсорбцией Γ . Γ = Co – Cp / m мг/r.

Зависимость сорбции меди на природной и модифицированной глинах от исходной концентрации представлена в таблице 3.

Таблица 3 — Зависимость сорбции меди на природной и модифицированной глинах от исходной концентрации

Среднее значение сорбции Г, Исходная концентрация Cu⁺², Среднее значение сорбции (Γ/Γ) Активированная Γ , (г/г) Нативная глина Γ/π (C_o) глина 1,5650 За пределами обнаружения За пределами обнаружения 0,1565 0,01515 0,01533 0.0156 0.001325 0.00143 0.000154 0.00156 0.00014 0,00015 0,000014 0,000014

Измерение концентрации тяжелых металлов в растворах проводилось фото-колориметрическим методом с помощью колориметра Hach DR 890 по установленным методикам [6]. На основании полученных результатов (табл. 2) можно сделать вывод о достаточно высокой степени очистки загрязненных медью вод как неактивированными, так и активированными бентонитовыми глинами.

Для проведения эксперимента по изучению времени сорбции металла был приготовлен стандартный раствор, содержащий 0,1565 мг/мл меди (Со). Измерение концентрации тяжелых металлов в растворах проводилось фото – колориметрическим методом с помощью колориметра Hach DR 890 по установленным методикам [6] для адсорбента массой 10 г.

Средние значения адсорбционных параметров исследуемых глин от времени представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Зависимость величины равновесной концентрации (Ср) ме-

ди при сорбции на бентонитовых глинах от времени контактирования

Время контактирования адсорбента с адсорбатом, мин	Среднее значение равновесной концентрации меди в растворе после сорбции, (мг/мл) Нативная глина	Среднее значение равновесной концентрации меди в растворе после сорбции, (мг/мл) Активированная глина		
0	0,1565	0,1565		
15	0,0701	0,062		
30	0,0404	0,017		
60	0,0112	0,0061		
120	0,0090	0,00065		
180	0,00506	0,000436		
240	0,00501	0,000421		

Зависимость равновесной концентрации меди при сорбции на глинах и зависимость сорбции меди на природной и модифицированной глинах от времени представлены на рисунках 2 и 3.

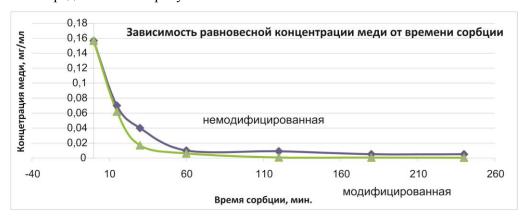


Рисунок 2 — Зависимость равновесной концентрации меди при сорбции на глинах от времени

Из графиков видно, что наиболее интенсивно процесс сорбции идет в первые 60 минут контакта и модифицированный сорбент имеет большую величину сорбции по сравнению с немодифицированным сорбентом.

Таблица 5 – Зависимость сорбции меди на природной и модифициро-

ванной глинах от времени

Время контактирования	Среднее значение	Среднее значение сорбции Г,
адсорбента с адсорбатом, мин	сорбции Г, (мг/г)	(мг/г) Активированная глина
	Нативная глина	
0	0	0
15	0,00864	0,00945
30	0,01161	0,01395
60	0,01453	0,01504
120	0,01475	0,1585
180	0,01514	0,01561
240	0,01520	0,01568

Количество адсорбированного вещества определяется избытком вещества на границе фаз по сравнению с равновесным количеством. Если поверхность адсорбента неизвестна (пористые твердые адсорбенты), количество адсорбированного вещества относят к 1 г (или 1 кг) адсорбента. Избыток вещества в молях, отнесенный к 1 г адсорбента — называют адсорбцией Γ . Γ = Co — Cp / m Mr/r.

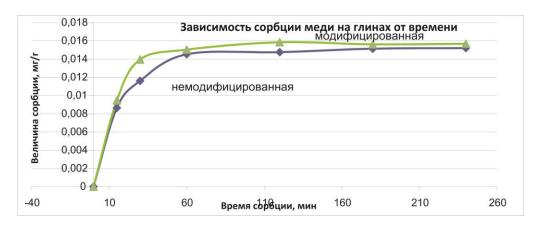


Рисунок 3 – Зависимость сорбции меди на природной и модифицированной глинах от времени

Корреляционная зависимость сорбции активированных и неактивированных бентонитовых глин от времени, представлена на рисунке 4.

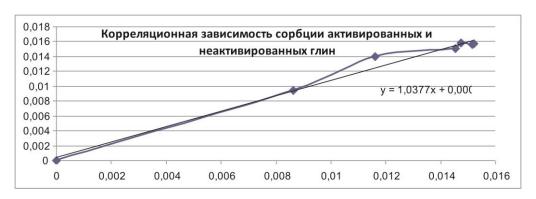


Рисунок 4 — Корреляционная зависимость сорбции активированных и неактивированных бентонитовых глин от времени

Анализ полученных данных по активации бентонитов показал, что активация существенно влияет на значение их сорбционной емкости. Наименьшие значения отмечены для неактивированной, наибольшие - для содовой активации. Адсорбционное равновесие при интенсивном перемешивании наступает в первый час при интенсивном перемешивании.

Полученные результаты показали возможность использования сорбционного материала на основе бентонитовых глин в целях удаления из нее соединений меди. Для повышения его эффективности их необходимо активировать.

Список литературы

- 1. Сизых М.Р. Исследование и разработка технологии локальной очистки сточных вод с применением модифицированных природных сорбентов.-Автореф. дисс. ...к.т.н. – 1999. – 16 с.
- 1. Щапова М.А., Ханхасаева С.Ц., Рязанцев А.А.Адсорбционно-структурные свойства модифицированного монтмориллонита Тулдонского месторождения (Бурятия) // Материалы Межд. Симп., Москва-Клязьма. 2000. С. 129-131.
- 2. Рязанцев А.А., Батоев В.Б., Сизых М.Р., Маниева В.И., Батоева А.А. Fемонтмориллонит: получение, свойства, применение / Химия в интересах устойчивого развития, 1999, т. 7, № 1, с. 89-96.
- 3. Козин, В.З. Бентонитовые глины / В.З. Козин // Известия вузов. Горный журнал. 2003. №4. С. 47-52.
- 4. Лыгина Т.З., Сабитов А.А., Трофимова Ф.А. Бентониты и бентонитоподобные глины. Казань: ФГУП «ЦНИИгеолнеруд», 2005. С. 25-28.
- 5. Лурье Ю.Ю.// Унифицированные методы анализа природных и сточных вод. М.: Химия, 1971. 375 с.
- 6. Костин А.В., Мосталыгина Л.В., Филистеев О.В., Бухтояров О.М. Особенности сорбции ионов никеля и меди на бентонитовой глине Зырянского месторождения Курганской области // Вестник ЮУрГУ: 2009. №12, С. 37-41.

УДК 620.97\ 662.99\62-67

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЛОСКИХ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ С РАЗЛИЧНЫМИ АБСОРБЕРАМИ В СОСТАВЕ СОЛНЕЧНОЙ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

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

COMPARATIVE RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH FLAT SOLAR COLLECTORS WITH DIFFERENT ABSORBERS IN SOLAR WATER HEATERS

© V.R. Silakov, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье рассматриваются экспериментальные исследования по определению наиболее эффективного солнечного коллектора в составе солнечной водонагревательной установки. Рассмотрена методика сравнительных испытаний солнечных водонагревательных установок на основе международного стандарта ISO 9459-4:2013. Приведены и проанализированы результаты испытаний.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, плоский солнечный коллектор, солнечная водонагревательная установка, абсорбер, стенд, методика испытаний, эффективность.

The article deals with experimental studies to determine the most efficient solar collector as part of the solar water heater. The method of comparative tests of solar water heating systems based on the international standard ISO 9459-4: 2013. Presented and analyzed the test results.

Key words: renewable energy, flat solar collector, solar water heater, absorber, stand, test methodology, efficiency.

В настоящее время в нашей стране все больше внимания уделяется разработке и усовершенствованию конструкций на основе возобновляемых источников энергии.

Так для преобразования солнечной энергии в тепловую используется солнечная водонагревательная установка (СВУ) на основе солнечных коллекторов (СК). В настоящее время разработано много конструкций таких коллекторов и СВУ, а также методов их испытаний [2], однако задача по совершенствованию методик экспериментальных исследований по проверки эффективности новых конструкций коллекторов в составе СВУ по-прежнему является актуальной.

В данной статье представлены результаты сравнительных экспериментальных исследований эффективности работы СВУ с семью различными типами СК, на основании которых была выбрана наиболее эффективная конструкция СК.

Известно, что основной трудностью сравнительных натурных испытаний СК в составе СВУ является нестабильность погодных условий [1], на которые исследователи повлиять не могут. Это, как правило, приводит к увеличению длительности испытаний, сомнениям к полученным результатам и другим проблемам.

Для устранения большей части таких проблем был разработан и изготовлен экспериментальный стенд «БАКСИР-1» (рис.1). Стенд позволяет проводить экспериментальные исследования работы СК в одинаковых натурных условиях в составе СВУ в режиме естественной циркуляции теплоносителя. Особенностью стенда является возможность одновременного испытания трех СВУ с тремя различными СК.

Стенд «БАКСИР-1» состоит из следующих основных элементов: испытательных мест для одновременного проведения исследований трех СК, трех теплоизолированных баков-аккумуляторов объемом 50 литров каждый и встроенными электрическими нагревателями, закрытого шкафа для размещения баков-аккумуляторов, двух тепловых контроллеров SR1188 и 14 температурных датчиков, соединительных шлангов, трех расходомеров воды, пиранометра с креплением. Конструктивно все элементы соединены в три СВУ, т.е. каждый коллектор подсоединен к своему теплоизолированному баку трубопроводом по одноконтурной схеме, обеспечивающей естественную циркуляцию теплоносителя в системе, и каждая СВУ подсоединена к регистрирующим приборам.





Рисунок 1 — Внешний вид стенда «БАКСИР-1» для экспериментальных исследований СВУ в режиме естественной циркуляции теплоносителя

Принципиальная схема на примере одной СВУ показана на рис. 2.

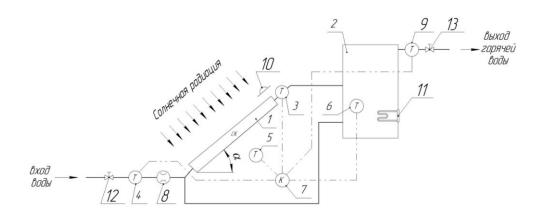


Рисунок 2 – Принципиальная схема СВУ в составе стенда «БАКСИР-1»: 1 – солнечный плоский коллектор; 2 – бак-аккумулятор; 3,4,5,6, 9 – термодатчики; 7 – тепловой контроллер, 8 – расходомер воды, 10 – пиранометр, 11 – ТЭН, 12, 13 – шаровые краны

Регистрация температур производилась при помощи двух тепловых контроллеров SR1188. Тепловые контроллеры снабжены тепловыми датчиками NTC10K, общее количество которых составляет 14. На все CBV устанавливаются 11 тепловых датчиков: 1 датчик на входе холодной воды в CK, 3 датчика на выходы горячей воды из CK, 3 датчика в баках, 3 датчика на выходе горячей воды из баков, 1 датчик для измерения температуры окружающего воздуха (замеры проводились в тени). Все данные полученные с тепловых датчиков записывались в память SD-карт тепловых контроллеров. Датчики по данным заводаизготовителя гарантируют измерение температур в диапазоне от -20 до +200 °C, с точностью \pm 2%.

Для измерения расхода воды использовались три расходомера Piusi K24. Они обеспечивают измерения расхода воды 20-120 л/мин с точностью $\pm 1\%$.

Измерение и запись данных потока солнечной радиации осуществлялась пиранометром TES-132, выносной датчик которого был закреплен в плоскости установленных солнечных коллекторов. Прибор измеряет суммарную солнечную радиацию в диапазоне длины волны от 400 до 1000 нм. Погрешность пиранометра по данным изготовителя составляет $\pm 5\%$. Рабочий диапазон температур составляет от -40 до 80°C. Датчик прибора был установлен таким образом, чтобы его тень не отбрасывалась на поверхность коллектора, а солнечное излучение, отражённое от элементов испытательного стенда и окружающих конструкций не попадало на него.

Методика сравнительных экспериментальных исследований с помощью стенда «БАКСИР-1» была разработана на основе международного стандарта ISO 9459-4:2013 [3]. Суть ее в следующем: в процессе испытаний каждой СВУ определяются связи между входными параметрами (среднедневной суммой солнечной радиации, температурами входящей холодной воды и окружающей среды для каждой СВУ) и выходными параметрами (температурой и объемом выходящей воды). Это позволяет получить сравнительные данные по дневной производительности каждой СВУ в одинаковых условиях испытаний. При этом испытания можно проводить для СВУ с коллекторами любых типов, в любых метеорологических условиях и режимах работы, без использования нагревателя, при условии отборе горячей воды из бака в вечернее время.

Для проведения экспериментальных исследований были изготовлены 6 опытных образцов плоских СК на предприятии ОАО «Нижнеломовский электромеханический завод». Все опытные образцы прошли на заводе приемочные испытания в соответствии с ГОСТ Р 51595-2000[2]. Необходимо отметить что все исследуемые СК имеют одинаковую площадь, конструктивно выполнены в одинаковом алюминиевом корпусе с теплоизоляцией «минватой». Внутри СК имеются одинаковые стальные листы теплопоглощающих панелей, к которым крепятся трубки абсорберов. В качестве прозрачной теплоизоляции СК имеют закаленные стекла одной марки.

Но при одинаковых перечисленных выше компонентах коллекторов, в исследуемых СК были применены различные абсорберы (меандрового и арфообразного типов) с трубками разной формы сечения, разным объемом теплоносителя, изготовленные из разных металлов (медь, алюминий, нержавеющая сталь). В связи с этим исследования преследовали цель определить влияние размеров, форм и материалов трубок абсорберов СК на производительность и эффективность работы СВУ. Основные технические характеристики СК показаны в табл. 1.

Таблица 1 – Основные технические характеристики СК

Параметры	Значение			
Габаритные размеры, мм	1500x750x75			
Апертурная площадь, м ²	1			
Рабочее давление, МПа	0,7			
Рабочая температура, °С	190			
Светопрозрачное покрытие- закаленное стекло, мм	4			
Теплоизоляция - минвата, мм	50			
Абсорбер	7 разных типов			

Дополнительно в экспериментальных исследованиях участвовал седьмой опытный образец плоского СК, изготовленный ООО «Гелиосфера». Он имеет абсорбер площадью $1 \, \mathrm{m}^2$, изготовленный из квадратных алюминиевых трубок сечением $20\mathrm{x}20 \, \mathrm{mm}$. Все остальные части этого СК были такими же, как и у первых шести коллекторов.

Экспериментальные исследования проводились в г. Пензе. Координаты местоположения, следующие: 53° северной широты, 45° восточной долготы. Перед началом исследований каждый испытуемый СК были установлен на стенд «БАКСИР-1» под углом наклона к горизонту α =36°. Такой угол наклона СК соответствует рекомендациям, приведенным в исследованиях [4, 5], при сезонной эксплуатации солнечных коллекторов в данной местности. Одновременно испытывались три СК.

Экспериментальные исследования проводились в летние месяцы и включали в себя три этапа:

- 1. Исследование влияния форм трубок абсорберов, изготовленных из нержавеющей стали на эффективность солнечных коллекторов в составе СВУ.
 - 2. Исследование трех медных абсорберов различных типов.
- 3. Исследование лучших образцов из первых двух этапов, и выбор лучшего по производительности и другим факторам.

Перед проведением экспериментов из каждого контура СВУ; выгонялись воздушные пробки, которые повышают гидравлическое сопротивление и затрудняют работу СК.

В процессе проведения испытаний измерялись:

- температура холодной воды, утром и которая подается в каждую СВУ при разборе горячей воды, t_{cw} ,
 - температура окружающего воздуха, t_a ,
- плотность потока солнечного излучения в плоскости солнечного коллектора СВУ, S,
 - температура горячей воды, снимаемой с каждой СВУ, t_{hw} ,
 - объемы слитой воды из баков аккумуляторов после захода Солнца V_{I-3} .

Полученные результаты измерений представляли собой зависимости температуры горячей воды от отбираемого ее объема (выраженного в долях бака-аккумулятора) при разборе и плотности потока солнечного излучения и температуры окружающего воздуха от времени.

В основе анализа результатов испытаний лежит известная зависимость дневной производительности СВУ Q, от дневной суммы солнечного излучения Н и от разности между среднедневной температурой окружающего воздуха $t_{a(day)}$ и температурой холодной воды t_{cw} [3]: $Q = a_1 H + a_2 \Big[t_{a(day)} - t_{cw} \Big] + a_3 \; ,$

$$Q = a_1 H + a_2 \left[t_{a(day)} - t_{cw} \right] + a_3 , \qquad (1)$$

где: a_1 - a_3 – постоянные коэффициенты.

Сумма солнечного излучения Н определялась путем интегрирования измеренных значений плотности потока солнечной радиации S. Средняя за период измерений температура определялась интегрированием.

Разработанная методика предусматривала непрерывное фиксирование измерений в течение дневного эксперимента плотности потока солнечной радиации в плоскости СК и температуры окружающей среды. Графики, показывающие изменение данных параметров для одного из дней проведения эксперимента показаны на рис. 3. Записанные измерения солнечной радиации в дальнейшем интегрировались, для получения дневной суммы солнечной энергии H $(MДж/м^2)$, поступившей на поверхность плоских СК.

После захода Солнца проводилось выкачивание нагретой воды из баковаккумуляторов за счет вытеснения ее холодной водой поступающей из водопровода с одновременным измерением температуры сливаемой воды. Также определялся объем сливаемой воды. Слив воды из бака-аккумулятора производился до тех пор, пока температура вытесненной воды t_a сравняется в пределах 1° С с температурой водопроводной воды t_{cw} .

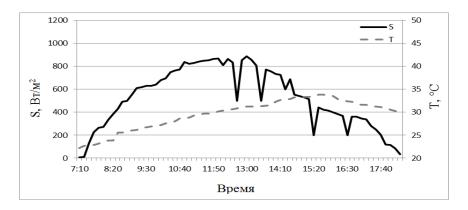


Рисунок 3 – Измеренный поток солнечной радиации и температура окружающего воздуха в течение одного из дневных экспериментов

Графики, показывающие изменение температуры воды в зависимости от отношения объема отобранной воды к объему бака-аккумулятора для одного из дней эксперимента показаны на рис. 4.

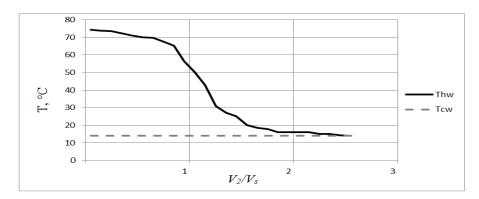


Рисунок 4 — Измерение температуры воды в зависимости от отношения объема слитой воды V_2 к объему бака-аккумулятора V_s

В соответствии с разработанной методикой было проведено по 3 дневных эксперимента для трех групп по три коллектора в практически равных погодных условиях. Дневная производительность каждой СВУ определяется по формуле (1). Обработанные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты экспериментальных исследований

Группа СК	№ экспери- мента	№ CK	$t_{hw(max)}$, °C	Q, МДж	<i>Н</i> , МДж/м²	t _a , °C	t _{cw} , °C	
			86,4	15,2				
	1	2	74,3	12,6	25,3	29.1	14.1	
		3	68,3	11,4				
		1	74,1	12,6				
1	2	2	64,2	10,5	20,9	27,5	14,3	
		3	59,2	9,4				
		1	49,6	7,4				
	3	2	43,7	6,2	12,3	24,6	14,3	
		3	40,7	5,5				
		4	43,1	5,967			14,70	
	4	5	79,1	13,5	19,89	30,5		
_		6	76,3	12,9				
	5	4	37,3	4,8		27,4	14,40	
2		5	66,3	10,9	16,03			
		6	64,0	10,4				
		4	42,4	5,8		28,4		
	6	5	77,6	13,2	19,46		14,60	
		6	74,8	12,6				
		1	65,5	10,8				
	7	5	72,3	12,2	17,94	27,1	14,20	
		7	68,0	11,3				
		1	77,4	13,2				
3	8	5	85,8	15,0	22,02	29,1	14,50	
		7	80,6	13,9				
		1	76,6	13,0				
	9	5	84,9	14,8	21,80	29,5	14,30	
		7	79,7	13,7				

Как видно из табл.2 лучшие результаты по производительности Q показали СВУ с СК под номерами 1 и 5 на первом и втором этапах. На третьем этапе все три СВУ (табл.2) показали хорошие результаты по производительности. Это СК с абсорбером из квадратных прямых трубок сечением $20\matharpoonup(20)$ мм, материал трубок нержавеющая сталь, СК с медным абсорбером из прямых круглых трубок диаметром 20 мм и СК с алюминиевыми квадратными трубками сечением $20\matharpoonup(20)$ мм. Дальнейший анализ конструкций СК№1, №5 и №7, показал, что по эксплуатационным, технологическим и стоимостным характеристикам лучшим является СК№1 с абсорбером из квадратных прямых трубок сечением $20\matharpoonup(20)$ мм из нержавеющей стали.

Таким образом, разработанные стенд «БАСИР-1» и методика проведения сравнительных испытаний позволяют с наименьшими временными и экономическими затратами проводить испытания СВУ с различными СК и выявлять их лучшие конструктивные решения, определяющие производительность и эффективность работы.

Список литературы

- 1. Сулейманов М. Ж. Экспериментальное исследование теплотехнических характеристик солнечных коллекторов и водонагревательных установок : дис. канд. тех. наук. М., 2007. С. 86-91.
- 2. ГОСТ Р 51595-2000 Коллекторы солнечные. Общие технические условия, ИПК Издательство стандартов, Москва, 2000 г.
- 3. ISO 9459-4:2013 Солнечное отопление. Местные системы водяного отопления. Часть 4. Определение рабочих характеристик системы с помощью испытаний компонентов и компьютерного моделирования, 2013 г., 70 с.
- 4. Валов М. И., Казанджан Б. И. Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения // Монография, Москва, Изд-во МЭИ, 1991. 140 с.
- 5. Даффи Дж. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии // Москва, Мир, 1977.

УДК 543.544.13

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ СМЕСЕЙ МЕТОДОМ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

- © **А.А. Кузьмин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **С.В. Зиновьев**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © **А.А. Блинохватов**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Д.Е. Борисков**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

QUANTITATIVE ESTIMATION OF EFFECTIVENESS CRITERIA OF MIXTURE SEPARATION WITH PAPER CHROMATOGRAPHY

- © A.A. Kuzmin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © S.V. Zinoviev, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © A.A. Blinohvatov, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **D.E. Boriskov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Статья посвящена количественной оценке критериев эффективности разделения смесей методом бумажной хроматографии: подвижности компонентов (коэффициент подвижности) и равномерности распределения компонентов смеси на хроматограмме. Установлено, что эффективное разделение смеси веществ возможно при разумном компромиссе между подвижностью компонентов и равномерностью их распределения на хроматограмме.

Ключевые слова: бумажная хроматография, коэффициент подвижности, индекс полярности, пигменты, экологический контроль.

This article is devoted to quantitative estimation of effectiveness criteria of mixture separation with paper chromatography: mobility of components (mobility rate) and uniformity of components' distribution on chromatogram. It is shown that effective mixture separation is possible as compromise between mobility of components and uniformity of components' distribution on chromatogram was achieved

Key words: paper chromatography, mobility rate, polarity index, dyes, environment control.

Природные среды представляют собой многокомпонентные смеси органических и минеральных веществ и ионов. Качественный и количественный состав природных сред является важнейшей характеристикой, определяющей уровень загрязнения окружающей среды. Эффективное разделение смесей на отдельные компоненты, их качественная и количественная идентификация относятся к сфере экологического мониторинга состояния окружающей среды. Современные методы химического анализа позволяют точно установить качественный и количественный состав смеси, однако, компоненты природных сред, как правило, являются веществами близкой химической природы, поэтому при анализе смеси их совместное присутствие искажает результаты определения.

Эффективным методом разделения смеси, состоящей из веществ, близких по химической природе, является хроматография. Среди хроматографических методов одним из наиболее адекватных целям экспресс-анализа и препаративного анализа объектов окружающей среды является планарная хроматография. Использование в качестве неподвижной фазы (и, одновременно, носителя) бумаги позволяет разделить смеси практически всех классов органических веществ [3, 4, 8, 9].

Важной составляющей успеха хроматографического разделения на бумаге является выбор растворителя (подбор смеси растворителей). Элюирующая способность того или иного растворителя (или смеси растворителей) определяется, главным образом, его полярностью. Кроме того, полярность — универсальное для всех растворителей свойство, что позволяет сравнивать элюирующую способность отдельных растворителей и их смесей, точно подбирать оптимальный состав подвижной фазы.

Цель работы: установить зависимость между полярностью растворителя и эффективностью разделения смеси веществ методом бумажной хроматографии.

В качестве объекта исследований использовались нетоксичные органические пигменты цветных чернил; в роли носителя – бумага «Ватман» (плотность 200 г/м^2 , белизна 93%, [1]); компоненты растворителя – ацетон, кислота уксусная (70%), раствор спирта в воде (40%), смесь бутиловых спиртов, керосин, уайт-спирит.

Хроматографическое разделение проводили в герметичных стеклянных камерах, атмосфера которых насыщалась парами растворителя предварительно заливаемого на дно камеры. На прямоугольник бумаги размером 70х130 мм графитовым карандашом наносили линию старта на расстоянии 10 мм от края бумаги, помещаемого в растворитель. На линии старта через каждые 10 мм микропипеткой наносили капли чернил разного цвета, капли высушивали на воздухе, после чего погружали бумагу в растворитель. После достижения фронтом растворителя верхнего края бумаги разделение прекращали, хроматограмму высушивали на воздухе. Цветное цифровое изображение хроматограммы получали с помощью компьютерного сканера.

Количественную обработку хроматограммы, получение спектров пигментов осуществляли с помощью программы $ImageJ\ ver.1.48\ [5]$. коэффициент подвижности компонента смеси R_f по формуле:

$$R_f = \frac{S_i}{S_s} \,, \tag{1}$$

где S_i – расстояние на хроматограмме, пройденное i-тым компонентом смеси,

 S_s – расстояние на хроматограмме, пройденное фронтом растворителя.

Расстояние S_i откладывали от линии старта капли чернил, содержащих данный пигмент, до точки, соответствующей максимальной высоте пика спектра данного пигмента.

Индекс полярности сложного растворителя определяли по формуле:

$$P_{S} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{i} \cdot \varphi_{i}}{n}, \tag{2}$$

где P_s –

 P_{s} – полярность сложного растворителя;

 P_{i} – полярность *i*-того компонента растворителя;

 φ_i – объемная доля i-того компонента растворителя;

n — количество компонентов в сложном растворителе.

В качестве критериев эффективности хроматографического разделения использовали:

1. Равномерность разделения чернильной капли на отдельные компактные пигментные пятна.

Для оценки равномерности разделения пигментов рассчитывали дисперсию в ряду разностей значений R_f пигментов при хроматографии с растворителем данного состава. Для расчетов использовали программу *Microsoft Excel*. Эффективным считали такое разделение, при котором дисперсия будет минимальной.

- 2. Значение R_f *i*-того пигмента должна быть больше 0, т.е. пигменты не должны оставаться на линии старта.
- 3. Значение R_f *i*-того пигмента должна быть меньше 0,95 0,97, т.е. фронт растворителя должен опережать фронт любого пигмента.

Для установления зависимости между полярностью растворителя и подвижностью отдельных пигментов определяли непараметрический коэффициент корреляции Спирмена с помощью пакета программ STATISTICA for Windows ver.10.0.

Таким образом, хроматография должна обеспечивать максимально возможное равномерное разделение смеси при максимально возможной подвижности ее компонентов.

Выбор бумаги типа «Ватман» в качестве инертного носителя обусловлен рядом причин: дешевизной по сравнению с другими носителями для планарной хроматографии, отсутствием необходимости предподготовки, высокой плотностью волокон, снижающей скорость капиллярного движения электролита, что способствует наиболее полному протеканию процессов сорбции-десорбции молекул пигментов и их равномерному распределению между подвижной и неподвижной фазами, упорядоченной ориентацией волокон целлюлозы, гидрофильностью молекул целлюлозы, обеспечивающей быструю хемосорбцию высоко полярных молекул воды на носителе.

Объект исследований по свойствам аналогичен природным средам – чернила состоят из близких по химическим свойствам веществ – нетоксичных органических пигментов. Достоинством выбранного объекта является отсутствие необходимости в проявлении хроматограммы, а также в хорошо заметных отличиях пигментов по цветности.

Ранее считалось, что скорость продвижения компонентов смеси на бумажной хроматограмме есть функция их растворимости в подвижной фазе [2]. Поэтому растворители для водорастворимых субстанций обычно состоят из водоорганических смесей, тогда как растворители для органорастворимых субстанций представляют собой водные растворы органических растворителей (этанол, ацетон, уксусная кислота). В настоящее время общепризнанной считается теория полярности растворителей. Она, не противореча теории растворимости, в качестве основного использует универсальное свойство растворителя его относительную полярность. Чем выше индекс полярности растворителя, тем выше его полярность. Основные растворители для бумажной хроматографии, индексы их полярности и растворимость в воде приведены в табл. 1 [10]

Таблица 1 – Индексы полярности растворителей в бумажной хромато-

графии

графии		
Растворитель	Индекс полярности	Растворимость в воде (%)
Уксусная кислота	6.2	100
Ацетон	5.1	100
Ацетонитрил	5.8	100
Бензол	2.7	0.18
Бутанол	4.0	0.43
Тетрахлорметан	1.6	0.08
Хлороформ	4.1	0.815
Циклогексан	0.2	0.01
1,2-дихлорэтан	3.5	0.81
Дихлорметан	3.1	1.6
Диметилформамид	6.4	100
Диметилсульфоксид	7.2	100
Диоксан	4.8	100
Этанол	4.3	100
Этилацетат	4.4	8.7
Этиловый простой эфир	2.8	6.89
Гептан	0.0	0.0003
Гексан	0.0	0.001
Изопропиловый спирт	3.9	100
Метанол	5.1	100
Метил-трет-бутиловый эфир	2.5	4.8
Метилэтилкетон	4.7	24
Пентан	0.0	0.0004
Тетрагидрофуран	4.0	100
Толуол	2.4	0.051
Вода	10.2	100
Ксилен	2.5	0.018

Таким образом, для проведения эффективного разделения пигментов цветных чернил необходимо приготовить сложный растворитель, обязательно включающий воду (адсорбируется на волокнах целлюлозы, образуя неподвижную фазу) и водорастворимых органических компонентов, обеспечивающих полярность раствора, необходимую для эффективного разделения компонентов смеси. Для экспресс-анализа и экологического контроля также имеют значение низкая токсичность и доступность органических растворителей.

С учетом всех требований нами разработан следующий состав растворителя: вода: этанол: ацетон. В ряде экспериментов было установлено количественное соотношение компонентов растворителя, оптимальное для наиболее эффективного разделения чернильных пигментов. На рисунке 1 представлены хроматограммы чернильных пятен с различным количественным соотношением компонентов растворителя.

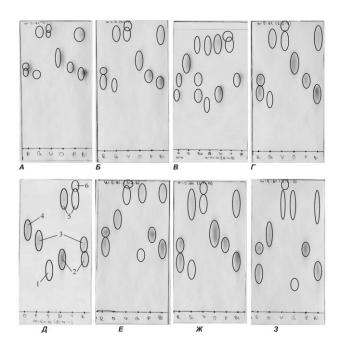


Рисунок 1 — Хроматограммы чернильных пятен в сложном растворителе состава: вода : этанол : ацетон, в следующих соотношениях: $\mathbf{A} - 3:2:3$, $\mathbf{b} - 3:2:4$, $\mathbf{B} - 6:4:9$, $\mathbf{\Gamma} - 3:2:5$, $\mathbf{\mathcal{J}} - 6:4:11$, $\mathbf{E} - 3:2:6$, $\mathbf{\mathcal{K}} - 6:4:13$, $\mathbf{3} - 3:2:7$. Цифрами на хроматограмме $\mathbf{\mathcal{J}}$ обозначены простые (неразделимые) пигменты: 1 — желтый (Y1), 2 — розовый 1 (P1), 3 — розовый 2 (P2), 4 — оранжевый (O1), 5 — голубой (B1), 6 — розовый 3 (P3)

В табл. 2 представлены рассчитанные по формуле (2) индексы полярности P_S используемых при разделении комплексных растворителей, рассчитанные по формуле (1) коэффициенты подвижности R_f отдельных пигментов, коэффициенты ранговой корреляции Спирмена ρ между R_f отдельных пигментов и P_S растворителей с уровнем достоверности p<0.05, а также значения дисперсии D разностей значений R_f пигментов при хроматографии с растворителем данного состава.

Таблица 2 — Индексы полярности сложных растворителей, используемых для разделения, коэффициенты подвижности отдельных пигментов, коэффициенты ранговой корреляции Спирмена, дисперсия разностей $R_{\rm f}$ пигментов

Состав			,	<u> </u>	R_f			1	
раство-					I I			Средн.	
рителя (вода : этанол : ацетон)	P_S	Y1	P1	P2	O1	B1	P3		D
3:2:3	4.78	0.61	0.62	0.66	0.73	0.93	0.98	0,76	0.0055
3:2:4	4.83	0.52	0.54	0.59	0.70	0.91	0.96	0,70	0.0058
6:4:9	4.85	0.41	0.50	0.60	0.73	0.88	0.96	0,68	0.0011
3:2:5	4.87	0.41	0.47	0.56	0.68	0.88	0.96	0,66	0.0029
6:4:11	4.89	0.36	0.42	0.54	0.62	0.85	0.95	0,62	0.0043
3:2:6	4.90	0.44	0.52	0.59	0.70	0.93	0.97	0,69	0.0050
6:4:13	4.91	0.36	0.45	0.55	0.63	0.85	0.96	0,63	0.0037
3:2:7	4.92	0.23	0.35	0.47	0.57	0.85	0.95	0,57	0.0060
ρ	-	-0.8144	-0.8095	-0.7619	-0.7619	-	-	-0,8095	-

На основе результатов статистического анализа можно сделать следующие выводы:

- 1. Значения коэффициентов подвижности отдельных пигментов вне зависимости от полярности растворителя располагаются в следующем порядке: желтый 1, розовый 1, розовый 2, оранжевый 1, голубой 1, розовый 3.
- 2. Из величин коэффициентов подвижности следует, что полярность молекул пигментов возрастает в ряду: розовый 3, голубой 1, оранжевый 1, розовый 2, розовый 1, желтый 1. Чем полярнее молекулы пигмента, тем быстрее они закрепляются на полярной водной неподвижной фазе. Чем неполярнее молекулы пигмента, тем их локализация на хроматограмме ближе к фронту растворителя.
- 3. Из результатов корреляционного анализа следует, что подвижность пигмента тем чувствительнее к полярности растворителя, чем полярнее его молекулы.
- 4. Для оценки равномерности распределения пигментных пятен на хроматограмме определяли дисперсию разностей коэффициентов подвижности пигментов, последовательно расположенных на хроматограмме при данном составе растворителя. Минимальное значение дисперсии свидетельствует об оптимальности состава растворителя для хроматографического разделения анализируемой смеси близких по химической природе веществ.
- 5. Основные критерии эффективности разделения (подвижность и равномерность распределения компонентов на хроматограмме) зависят от индекса полярности растворителя, т.е. от соотношения в его составе взаимно растворимых разнополярных жидкостей. Однако, если среднее значение подвижности пигментов обнаруживает высокую достоверную отрицательную корреляцию с полярностью растворителя (рис. 2, a), то дисперсия разностей значений R_f с ростом индекса полярности растворителя сначала убывает, а затем возрастает (рис. 2, δ)

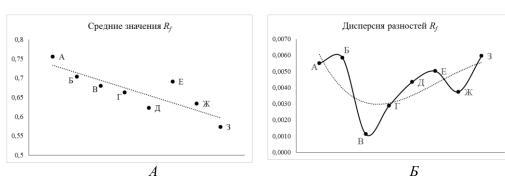


Рисунок 2 — Зависимость средних значений $R_{\rm f}$ пигментов на хроматограмме (a) и значений дисперсии разностей $R_{\rm f}$ последовательно расположенных на хроматограмме пигментов (б) в зависимости от полярности растворителя

Таким образом, наиболее эффективное разделение смеси веществ с помощью бумажной хроматографии возможно лишь при разумном компромиссе между подвижностью компонентов с одной стороны и равномерностью распределения разделяемых компонентов на хроматограмме с другой.

Список литературы

1. ГОСТ 597-73. Бумага чертежная. Технические условия. От 01.01.1975.

- 2. R. J. Block, E. L. Durrum, G. Zweig. 1955. A Manual of paper chromatography and paper electrophoresis. Academic Press Inc., Publishers New York, 483.
- 3. J. M. Bremner and R. H. Kenten (1951) Paper chromatography of amines. Biochem. J. 49 (651–655).
- 4. F. Brown (1950) Separation of the lower fatty acids as anions by paper chromatography. Biochem. J. 47 (598–600).
- 6. Collins T.J. (July 2007). «ImageJ for microscopy». BioTechniques. 43 (1 Suppl): 25–30.
- 7. R Consden, A H Gordon, A J Martin (1944) Qualitative analysis of proteins: a partition chromatographic method using paper. Biochem. J. 38 (224-32).
- 8. K. V. Giri, A. L. N. Prasad, S. Gowri Devi and J. Sri Ram (1952) A technique for the identification and separation of enzymes by paper chromatography. Biochem. J. 51 (123–128).
- 9. M. H. Hack (1953) Analysis of lipids by spot tests on filter-paper disk chromatograms. Biochem. J. 54 (602–605).
- 10. L.R. Snyder, Classification of the solvent properties of common liquids. Journal of Chromatography, 92 (1974) 233-230.

УДК 691

НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЦЕМЕНТНО-БЕНТОНИТОВЫЕ КОМПОЗИТЫ

- © **М.И. Панфилова**, Московский государственный строительный университет (г. Москва, Россия)
 - © **Н.И. Зубрев**, Московский государственный университет путей сообщения (г. Москва, Россия)
 - © **Д.А. Леонова**, Московский государственный строительный университет (г. Москва, Россия)
 - © **М.В. Устинова**, Московский государственный университет путей сообщения (г. Москва, Россия)

NANOMODIFIED CEMENT-BENTONITE COMPOSITES

- © M.I. Panfilova, Moscow State Construction University (Moscow, Russia) © N.I. Zubrev, Moscow State University of Means of Communication (Moscow, Russia)
- © **D.A. Leonov**, Moscow State Construction University (Moscow, Russia) © **M.V. Ustinova**, Moscow State University of Railway Engineering (Moscow, Russia)

Исследовано влияние добавок АНТ на структурообразование цементных композитов. Изучена кинетика структурообразования, скорость структурообразования при различном содержании нанотрубок. Было установлено, что наибольшая скорость структурообразования достигается при малых концентрациях нанотрубок к массе цемента

Ключевые слова: ресурсосбережение, композитные системы, кинетика структурообразования, скорость структурообразования, гидратация цемента, алюмосиликатные нанотрубки.

The influence of additives ANT structure of cement composites. The kinetics of structure formation, the rate of structure formation with different content of nanotubes. It was found that the greatest rate of structure formation is achieved at low concentrations of nanotubes by weight of cement

Key words: saving, composite systems, the kinetics of structure formation, the rate of structure formation, hydration of cement, silica-alumina nanotubes.

Уплотнение скальных трещиноватых, а также закарстованных, пород может выполняться различными способами, к которым относятся: цементация, силикатизация, глинизация и битумизация. Они могут использоваться в комбинации, иметь свои особенности, области использования, зависящие от природных факторов, исследование которых необходимо для снижения водопроницаемости и повышения прочности композитного раствора и ресурсосбережения цемента.

Создание новых композитных конструкционных материалов с включением наночастиц является важным направлением развития наноиндустрии. Существует несколько типов нанодобавок. С целью улучшения механических свойств цементных композитов значительный эффект достигается при использовании вытянутых наночастиц, например, углеродных нанотрубок (УНТ) [1]. Они становятся центрами направленной кристаллизации, способны выполнять роль армирующего материала и превращать цементный камень в высокопрочную композитную систему [2]. Добавка небольшого количества УНТ (1-2 %, и даже 0,1-0,3 %) приводит к увеличению модуля упругости и прочности цементного камня в разы [3].

В настоящее время наряду с углеродными трубками нашли применение алюмосиликатные наноматериалы, которые получены на основе природного галлоизитного минерала. Такие нанотрубки состоят из алюминия и кремния, входящие также в состав цемента и бентонита, поэтому можно предполагать, что они способны существенно улучшить прочность композитных растворов.

Целью данной работы является исследование влияния добавок АНТ на структурообразование цементных композитов в течение 28 суток. Основными компонентами композитного раствора служили: бентонит, АНТ, цемент и жидкое стекло.

В работе использовали алюмосиликатные нанотрубки с общей формулой $Al_2[Si_2O_5](OH)_4 \times nH_2O$, где $n=0\div 2$, бентонит марки $\Pi 2T2A$ содержащий масс. %: монтмориллонит 75-80, кварц 15-17, каолинит 1-2% и гидрослюду мусковитового типа 1-2%.

В качестве связующего материала в композитном растворе использовали портландцемент М500, а для уменьшения сроков схватывания в раннем возрасте твердения — жидкое стекло ГОСТ13078-81, универсал, марка ТЕКС. Водоцементное соотношение в композитной системе 2:1.

Для получения композитного раствора смешивали бентонит с нанотрубками, добавляли воду и при перемешивание со скоростью 600 об/мин готовили 5 %-ную суспензию. После этого вносили цемент и 5 % жидкого стекла к весу смеси.

Прочность отвержденных образцов определяли на гидравлическом прессе Controls 50-C0050/CAL50 через 7,14 и 28 суток и на Приборе Ребиндера-Гораздовского с конусом через 1,3,5,7,17 и 28 суток (табл. 1 и рис. 1).

Таблица 1 – Структурообразование композитного раствора с добавками АНТ при хранении

№	AHT, %	Прочность, Р, МПа									
		Сроки твердения, сутки									
		1	1 3 5 7 14 28								
1	0	0,1	0,4	0,7	0,92	1,23	1,38				
2	0,1	0,21	0,51	1,00	1,27	1,85	2,1				
3	0,3	0,15	0,5	0,7	1,15	1,6	1,84				
4	0,15	0,12	0,48	0,65	1,05	1,45	1,78				

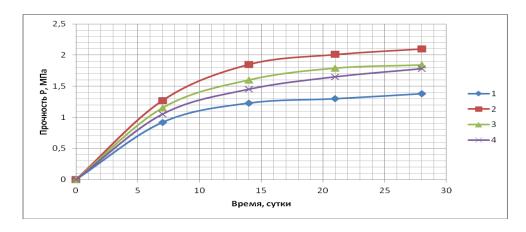


Рисунок 1 — Кинетика структурообразования при различном содержании нанотрубок к массе цемента, % 1-0%, 2-0,1%, 3-0,15%, 4-0,3%

При анализе структурообразования композитных систем, приведенных на рис.1, установлено, что на протяжении первых 7-ми суток обеспечивается около 70% конечной прочности, через 14 дней она достигает 90%.

Исключительное значение структурообразование нанодисперсной системы приобретает в первоначальный период гидратации цемента, так как с момента объединения первичных частиц происходит формирование сначала коагуляционной, а далее и кристаллизационной структуры цементного камня.

Так как основная прочность цементно-бентонтового раствора образуется через 7 суток, то исследовали влияние добавок АНТ на скорость структуро-образования на начальной стадии формирования композитного раствора. Скорость структурообразования определяли по тангенсу угла наклона кривых 1-4 на рис.1[9]. По полученным данным строили график изменения скорости структурообразования от содержания АНТ к массе цемента (рис.2).

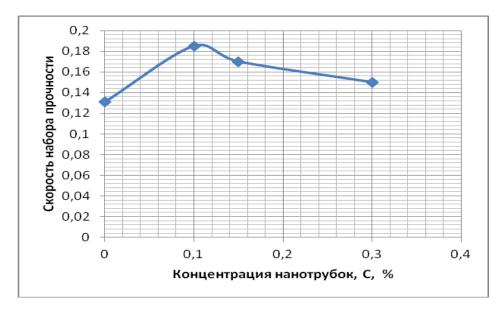


Рисунок 2 – Кинетика структурообразования от содержания нанотрубок

Из рисунка 2 видно, что наибольшая скорость структурообразования достигается при концентрации нанотрубок 0,1% к массе цемента. По сравнению с контрольным образцом скорость структурообразования возрастает почти в 2 раза. Этот эффект достигается благодаря взаимодействию нанотрубок с клинкерными минералами в зоне контакта частиц этих компонентов. Очевидно, оптимальное содержание нанотрубок приводит к получению плотной упаковки цементного камня, в результате чего увеличивается прочность композиционной системы.

Таким образом, анализ проведенных исследований свидетельствует, что добавки малых концентраций нанотрубок изменяют кинетику структурообразования и способствуют росту прочности композитного раствора.

Список литературы

- 1. Староверов В.Д. Структура и свойства наномодифицированного модифицированного камня. Автореф. дис. канд. техн. наук. СПб., 2009. С.19.
- 2. Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Бурьянов А.Ф., Кодолов В.И., Крутиков В.А., Фишер Ф.-Б., Керене Я. Модификация поризованных цементных матриц углеродными нанотрубками // Строительные материалы. 2009. №3. С.99-102.
- 3. J.N. Coleman, U. Khan, W.J. Blau, Y.K. Gun'ko. Small but strong: A review of the mechanical properties of carbon nanotube–polymer composites. Carbon. 2006. V. 44. № 9. P. 1624–1652.
- 4. Бричка С. Я. Природные алюмосиликатные нанотрубки: структура и свойства / С. Я. Бричка // Наноструктурное материаловедение. 2009. № 2. С. 40-53.
- 5. Л.Ю. Котел, А.В. Бричка, А.Л. Петрановская, С.Я. Бричка. Рентгенографический анализ галлоизитных нанотрубок, модифицированных оксидом церия (IV)/ II Всеукраинская конференция молодых ученых «Современное материаловедение: материалы и технологии», Киев, Украина, 2001 г., стр. 125.
- 6. Вспененные инъекционные растворы в строительстве: монография / М.И. Панфилова, Н.И. Зубрев. Фомина М.В.; М-во образования и науки Росс. Федерации, Моск. гос. строит. Москва: МГСУ, 2015.
- 7. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М.: Стройиздат, 1989. С. 29–36.
- 8. Бутт Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В. Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1980. С.340–344. С. 29–36.
- 9. Баженов Ю.М. Структурные характеристики бетонов / Ю. М. Баженов, Г.И. Горчаков, Л.А. Алимов, В.В. Воронин // Бетон и железобетон, 1972. №9.

УДК 504.75

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗОВЫХ БАЛЛОНОВ

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

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

RISK ASSESSMENT FOR USE OF GAS CYLINDERS

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

Статья посвящена оценке состояния газовых баллонов в процессе их эксплуатации и оценке возникающих рисков. Рассматривается возможность построения функций, основных характеристик состояния баллонов, как функций от времени их эксплуатации. Предлагается использование относительных значений изменений измеряемых характеристик и известных вероятностных функций этих показателей для прогноза и определения рисков.

Ключевые слова: газовый баллон, масса, ёмкость, срок использования, риск, состояние баллона.

Article is devoted to assessing the state of gas cylinders during their operation and evaluation of emerging risks. The possibility of building functions, the basic characteristics of the state of the cylinders as a function of time of operation. It is proposed to use the relative values of the measured characteristics of changes and known probability functions of these indicators to forecast and identify risks.

Key words: gas, weight, capacity, time use, the risk status of the container. **E-mail:** Olga kr@list.ru

Количественный анализ опасностей даёт возможность определить вероятности аварий и несчастных случаев, величину риска, величину последствий.

Определение размеров зон повышенной пожароопасности при эксплуатации конкретных газовых баллонов является необходимым условием эффективности мер смягчения экологических последствий, возможной аварии как для персонала и населения, так и для окружающей природы.

Метан обычно рассматривается как безвредный газ, бесцветен, не имеет запаха, не токсичен. Действие его идентично действию предельных углеводородов. Главная опасность связана с асфиксией из-за недостатка кислорода (удушающее воздействие на организм человека проявляется при содержании его в воздухе более 20%); при концентрации его в воздухе до 20% не дает токсического эффекта. Природный газ легче воздуха и при выбросах стремиться занять более высокие слои атмосферы. Вероятность скопления в низких точках местности и внизу помещений практически исключена [2].

Срок службы и частота отказов (аварий) при работе с конкретным баллоном зависит от множества факторов: химического состава материала баллона, условий его эксплуатации, транспортируемой жидкости или газа и ряда других факторов, одни из которых остаются постоянными (химический состав материала баллона, транспортируемой жидкости или газа), другие меняются в пределах диапазонов их возможных значений.

При решении ряда задач, например, определении частоты и масштаба аварий при работе с конкретным баллоном за относительно небольшой (по сравнению со сроком службы газового баллона) промежуток времени, отказы можно считать ординарным потоком случайных событий и использовать для определения их характеристик основные положения теории риска, понимая под

понятием «риск» опасность негативного воздействия совокупности факторов на рассматриваемый объект, вызывающего ухудшение его состояния и определенный уровень потерь его качеств вплоть до полного выхода из строя.

Измеряемые характеристики в процессе освидетельствования баллонов всегда оцениваются на момент обследования на соответствие установленным нормативам. Однако, намного больше информации в этом вопросе может дать сравнение результатов исследования состояния одного и того же баллона за разные годы.

Таблица 1 — Исследование состояния баллона № 1474 по результатам измерения характеристик в процессе освидетельствования баллона за разные годы

Год испытания	№ баллона	Масса, выбитая на баллоне (кг) m_n	Масса, установл. при освидетел. (кг) m_r	Емкость, выбитая на баллоне $(\pi) V_n$	Емкость баллона установл. при освидетел. (л) ${\cal V}_r$	Отметка о пригодн. баллона
2003	1474	96,6	96,6	50,2	50,3	годен
2006	1474	96,6	96,5	50,3	50,4	годен
2009	1474	96,5	95,9	50,4	50,6	годен
2012	1474	95,9	95,6	50,6	50,9	годен
2015	1474	95,6	94,9	50,9	51,1	годен

Воспользуемся относительными безразмерными показателями степени износа газового баллона

$$\mu = \frac{m_r}{m_n} \quad \text{if} \quad v = \frac{v_n}{v_r} \ .$$

При этом будем сравнивать текущие значения массы и объёма с начальными значениями (со значениями на момент начала использования баллона).

Таблица 2 – Исследование состояния баллона № 1474 по результатам измерения характеристик в процессе освидетельствования баллона за разные годы в сравнении с данными на начало эксплуатации

Год испытания	m_n	m_r	μ	v_n	v_r	ν	i_1	i_2	i_3	i_4
2003	96,6	96,6	1	50,2	50,3	0,998	0,998012	0	0,001988	1
2006	96,6	96,5	0,999	50,2	50,4	0,996	0,995001	4,11E-06	0,004999	0,999996
2009	96,5	95,9	0,994	50,2	50,6	0,992	0,985926	4,92E-05	0,014074	0,999951
2012	96,5	95,6	0,991	50,2	50,9	0,986	0,977049	0,000128	0,022951	0,999872
2015	96,5	94,9	0,983	50,2	51,1	0,982	0,966099	0,000292	0,033901	0,999708

Здесь m_n – Масса, выбитая на баллоне (кг);

 m_r – Масса, установленная при освидетельствовании (кг);

 v_n – Емкость, выбитая на баллоне (л);

 V_r – Емкость баллона установленная при освидетельствовании (л);

$$\mu = \frac{m_r}{m_n}$$

$$v = \frac{v_n}{v_r}$$
.

В целях более всесторонней оценки состояния баллона и осуществления его прогнозирования, рассмотрим функции

$$i_1 = \mu v$$

 $i_2 = (1 - \mu)(1 - v)$
 $i_3 = 1 - \mu v$
 $i_4 = \mu + v - \mu v$

и построим их графики для исследуемого баллона N 1474 по результатам измерения характеристик в процессе освидетельствования баллона за разные годы (рис 1...4). На рисунках масштаб по оси абсцисс 5 лет, что соответствует порядку производимого обследования (1 раз в 5 лет).

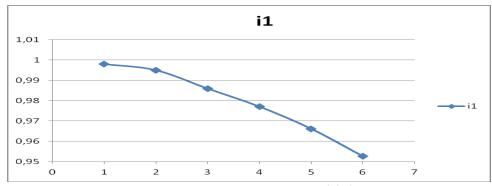


Рисунок 1 – Функция $i_1 = 1,011e^{-0,094x}$ или $i_1 = 0,0011x^2 - 0,0017x + 1,0014$

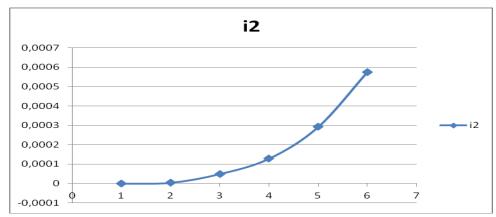


Рисунок 2 — Функция $i_2 = 0.00003x^2 - 0.0001x + 0.0001$

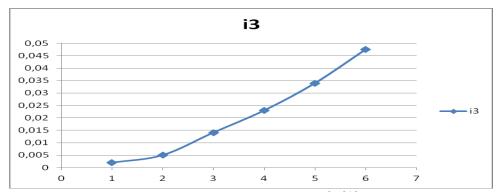


Рисунок 3 — Функция $i_3 = 0.0014e^{0.6313x}$ или $i_3 = 0.011x^2 + 0.0017x - 0.0014$

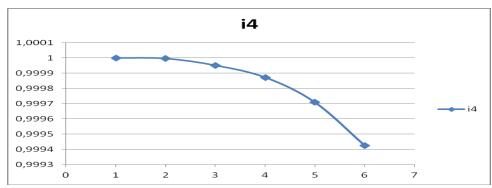


Рисунок 4 – Функция $i_4 = -0.00003x^2 + 0.0001x + 0.9999$

Построенные кривые отлично показывают и возможное состояние баллона в 2018 году, что позволяет использовать предложенный подход для осуществления прогнозирования. Более точные значения легко получаются по тем же формулам в предположении соответствующего срока службы.

Таблица 5 – Прогнозирование состояния баллона № 1474 по результатам измерения характеристик в процессе освидетельствования баллона за разные годы

Год испытания	m_n	m_r	μ	v_n	v_r	ν	i_1	i_2	i_3	i_4
2003	96,6	96,6	1	50,2	50,3	0,998	0,998012	0	0,001988	1
2006	96,6	96,5	0,999	50,2	50,4	0,996	0,995001	4,11E-06	0,004999	0,999996
2009	96,5	95,9	0,994	50,2	50,6	0,992	0,985926	4,92E-05	0,014074	0,999951
2012	96,5	95,6	0,991	50,2	50,9	0,986	0,977049	0,000128	0,022951	0,999872
2015	96,5	94,9	0,983	50,2	51,1	0,982	0,966099	0,000292	0,033901	0,999708
2018	96,5	94,3	0,997	50,2	51,5	0,975	0,952535	0,000575	0,047465	0,999425

При ограничении времени исследования поведения объекта (1...20 лет, далее баллон изымают из обращения) с достаточной точностью любую функцию отклика $(i_1$, i_2 , i_3 , i_4) можно считать линейной функцией от совокупности действующих на неё факторов и, в конечном счёте, функцией одного аргумента – времени t.

Так как все полученные функции являются величинами вероятностными, то в качестве численной меры риска принимаем вероятность наступления неблагоприятного события (порча баллона, утрата им пригодности) или размер наносимого объекту ущерба R [1], [3], [4], [5]. При этом наносимый объекту ущерб определяется зависимостью

$$R = \int_{-\infty}^{\infty} x I(x) dx,$$
 (1)

где I(x) – непрерывная функция зависимости вероятности ущерба от продолжительности использования баллона [1]. Время использования ограничено условиями [0,20], поэтому ущерб может быть вычислен как

$$R = \int_{0}^{20} x I(x) dx, \tag{2}$$

или
$$R = \sum_{i=1}^{20} I_i x_i$$
, (3)

если функция задана дискретными значениями и показатели измеряются ежегодно.

В более общем случае, когда наносимый ущерб является результатом совокупного воздействия различных независимых друг от друга факторов, средний риск можно оценить зависимостью

$$R = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} I_{ij} x_i , \qquad (4)$$

где I_{ij} – вероятность получения ущерба X_i при наступлении события j - го типа [4]. Она определяется по формуле произведения вероятностей зависимых событий, т.е.

$$I_{ij} = I_{ji} = I_j I_i(j), \tag{3}$$

где I_j — вероятность наступления неблагоприятного события j -го типа, $I_i(j)$ — вероятность получения ущерба X_i при наступлении события j -го типа.

Однако, в нашем случае установить все воздействующие факторы не представляется возможным, поэтому остановимся на формулах (1) и (2).

Заметим, что приведенные выше формулы определяют величину среднего риска вне зависимости от деятельности объекта, подвергающегося определенной опасности.

Для каждого конкретного объекта с учетом видов его деятельности и соответствующих им наборов ситуаций, неблагоприятных событий и возможных ущербов формулы (1), (2) может быть уточнены и конкретизированы [3]. Для этого в первую очередь необходимо сформировать общие принципы и подходы к определению характеристик объекта и разработать методы их количественной оценки.

В нашем случае, если
$$i_1 = 0,0011x^2 - 0,0017x + 1,0014$$
, то $R_1 = \int_0^{18} xI(x)dx = \int_0^{18} x \left(0,0011x^2 - 0,0017x + 1,0014\right)dx =$ $= \left(0,000275x^4 - 0,000566x^3 - 0,5007\right)_0^{18} = 32,2851;$ если $i_2 = 0,00003x^2 - 0,0001x + 0,0001$, то $R_2 = \int_0^{18} xI(x)dx = \int_0^{18} x \left(0,00003x^2 - 0,0001x + 0,0001\right)dx =$ $= \left(0,0000075x^4 - 0,000033x^3 + 0,00005x^2\right)_0^{18} = 0,611064;$ если $i_3 = 0,011x^2 + 0,0017x - 0,0014$, то $R_3 = \int_0^{18} xI(x)dx = \int_0^{18} x \left(0,011x^2 + 0,0017x - 0,0014\right)dx =$ $= \left(0,00275x^4 - 0,000566x^3 + 0,0007x^2\right)_0^{18} = 291,818112;$ если $i_4 = -0,00003x^2 + 0,0001x + 0,9999$, то $R_4 = \int_0^{18} xI(x)dx = \int_0^{18} x \left(-0,00003x^2 + 0,0001x + 0,9999\right)dx =$ $= \left(-0,78732 + 0,192456 + 161.9838\right) = 161,388936$

Таким образом, построенные на основе данных освидетельствования состояния баллона за разные годы модели, допускают возможность их использования для прогнозирования его состояния на длительный промежуток времени. Подобное исследование в некоторых случаях позволит увеличить срок безопасной службы газовых баллонов и существенно снизить стоимость их эксплуатации [5]. Предлагаемый нами подход позволяет также количественно определить риски всех вариантов событий, связанных с изменениями массы и объёма обследуемых газовых баллонов.

Список литературы

- 1. Логвин Ю.О., Таранцева К.Р., Логвина О.А., Коновалов В.В. Моделирование безопасности и рисков на газопроводах/ Логвин Ю.О., Таранцева К.Р., Логвина О.А., Коновалов В.В. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2012. № 2. С. 125-132.
- Тразанов А.В. Моделирование процесса импульсной дробеструйной обработки внутренней поверхности сосудов / К.Р. Таранцева, А.В. Тразанов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 5. – С. 137-141.

- 3. Логвина О.А., Казаков В.А. Анализ рисков при обеспечении безопасности газопроводов// Труды XXIII Международного Симпозиума. г. Маскат (Оман), РГУИТ и П: 2008. С. 56.
- 4. Таранцева К.Р., Логвина О.А. Расчёт рисков по причине коррозии в системе трубопроводного транспорта. Коррозия: материалы, защита. 2009. № 8. С. 1-5.
- 5. Зубков А.Ф., Логвина О.А. Математическое моделирование экологоэкономических рисков/Зубков А.Ф., Логвина О.А. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. — 2013. — T. 2. - N 09 (13). - C. 84-87.

УДК 504:67

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКИХ КАУЧУКОВ

- © **И.А. Прошин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Р.Д. Прошина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Р.А. Дярькин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **А.А. Горячева**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

WASTE MANAGEMENT SYNTHETIC RUBBER

- © I.A. Proshin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **R.D. Proshina**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © R.A Dyarkin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © A.A. Gorjacheva, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Разработана система управления утилизацией отходов синтетических каучуков и производства изоляционных материалов, основанная на генерализации результатов мониторинга в контексте эколого-технико-экономических индикаторов.

Ключевые слова: генерализация, изоляционные материалы, математические модели, отходы синтетических каучуков, система управления. технология, экология.

A system of waste management of synthetic rubbers and pro-production of insulation materials, based on the generalization of the results of monitoring in the context of ecological and technical and economic indicators.

Key words: insulation materials, mathematical models, waste of synthetic rubber, technology, ecology.

E-mai: proshin.Ivan@inbox.ru

Решение проблемы утилизации и переработки отходов производства и изготовления из них вторичных материалов и продуктов, в том числе задач переработки отходов синтетических каучуков, подлежащих утилизации (ОСКУ) в изоляционные материалы [1, 2], обуславливает необходимость создания систем мониторинга, контроля и управления ОСКУ.

Цель настоящей работы — анализ ОСКУ и технологических процессов их переработки во взаимодействии с окружающей средой (ОС) и разработка единой системы мониторинга, контроля и управления процессами сбора и утилизации ОСКУ, производства из них изоляционных материалов.

В соответствии с разработанной в [3-6] методологией исследования представим ОСКУ и технологические процессы их переработки в изоляционные материалы как объект мониторинга, контроля и управления (рис.1).

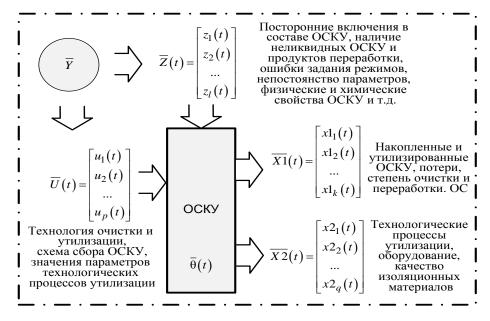


Рисунок 1 – Отходы синтетических каучуков как объект управления

За управляемые координаты примем два вектора. Первый вектор $\overline{X1}(t) = \begin{bmatrix} x1_1 & x1_2 & \dots & x1_k \end{bmatrix}^{\mathsf{T}}$ отражает состояние отходов синтетических каучуков и степень их воздействия на окружающую среду ОС, второй $\overline{X2}(t) = \begin{bmatrix} x2_1 & x2_2 & \dots & x2_q \end{bmatrix}^{\mathsf{T}}$ — технологические процессы утилизации, состояние оборудования, качество выпускаемой продукции и степень их техногенного воздействия на окружающую среду. Входные воздействия зададим вектором $\overline{Y}(t) = \begin{bmatrix} y_1 & y_2 & \dots & y_r \end{bmatrix}^{\mathsf{T}}$. Вектор входных переменных объединяет управляющие $\overline{U}(t) = \begin{bmatrix} u_1 & u_2 & \dots & u_p \end{bmatrix}^{\mathsf{T}}$ и возмущающие $\overline{Z}(t) = \begin{bmatrix} z_1 & z_2 & \dots & z_l \end{bmatrix}^{\mathsf{T}}$ воздействия.

Так как функционирование рассматриваемого объекта, представляющего многомерную динамическую систему, протекает во времени, все выделенные воздействия и управляемые координаты являются функциями времени.

Отходы синтетических каучуков, производственные и технологические процессы их утилизации протекают неотъемлемо от окружающей среды и находятся в непрерывном взаимодействии с ней, оказывают на неё техногенное воздействие и представляют вместе с ней природно-техническую систему (ПТС). Поэтому для оценки состояния такой ПТС требуется её представление как объекта мониторинга, контроля и управления в единой системе «ОСКУ – ОС». Для этого проведём экологическую генерализацию [7, 8] системы «ОСКУ – ОС» в контексте генеральной совокупности «экология – техника – экономика» (рис.2).

Пусть эколого-технико-экономическое (ЭТЭ) состояние объекта «ОСКУ – ОС» задаётся n — мерным вектором переменных состояний $\overline{V} = \begin{bmatrix} v_1, v_2...v_n \end{bmatrix}^T$, определяющим три группы координат состояния:

- экологическое состояние окружающей среды (атмосфера, вода, почва, ресурсы);
- поведение производственного объекта (технологические процессы, оборудование, выпускаемая продукция, отходы производства и технологии их переработки) в контексте экологической безопасности;
- экономическое состояние объекта в контексте экологической безопасности.

экосистемы зададим вектором управляемых координат $\overline{X}(t) = \begin{bmatrix} \overline{X_1}(t) & \overline{X_2}(t) & \overline{X_3}(t) \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$, объединяющим те же три группы переменных, преобразованные в единую область пространства. Входные воздействия по соответствующим компонентам образуют векторы управляющих $\overline{U}(t) = \left[\overline{U_1}(t) \ \overline{U_2}(t) \ \overline{U_3}(t) \right]^1$ И возмущающих $\left[\overline{Z_1}(t) \ \overline{Z_2}(t) \ \overline{Z_3}(t)
ight]^{
m T}$ воздействий.

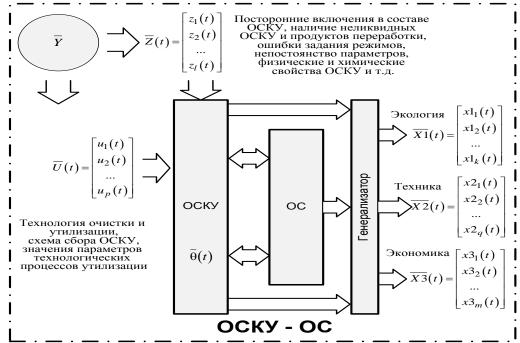


Рисунок 2 – Система «ОСКУ – ОС» как генерализированный объект управления

Полную математическую модель экологической системы «ОСКУ – ОС» в классе непрерывных, нестационарных, детерминированных, конечномерных операторов с учётом введённых переменных и взаимосвязи всех компонентов системы, представим системой уравнений в пространстве состояний:

$$\begin{bmatrix} \frac{d\overline{V_1}}{dt} \\ \frac{d\overline{V_2}}{dt} \\ \frac{d\overline{V_3}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{\psi_1}(\overline{V_1}, \overline{V_2}, \overline{V_3}, \overline{U_1}, \overline{U_2}, \overline{U_3}, \overline{Z_1}, \overline{Z_2}\overline{Z_3}, t) \\ \overline{\psi_2}(\overline{V_1}, \overline{V_2}, \overline{V_3}, \overline{U_1}, \overline{U_2}, \overline{U_3}, \overline{Z_1}, \overline{Z_2}\overline{Z_3}, t) \\ \overline{\psi_3}(\overline{V_1}, \overline{V_2}, \overline{V_3}, \overline{U_1}, \overline{U_2}, \overline{U_3}, \overline{Z_1}, \overline{Z_2}\overline{Z_3}, t) \end{bmatrix}, \quad V(0);$$

$$\begin{bmatrix} \overline{X_1} \\ \overline{X_2} \\ \overline{X_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \overline{G_1}(\overline{V_1}, \overline{V_2}, \overline{V_3}, \overline{U_1}, \overline{U_2}, \overline{U_3}, \overline{Z_1}, \overline{Z_2}\overline{Z_3}, t) \\ \overline{G_2}(\overline{V_1}, \overline{V_2}, \overline{V_3}, \overline{U_1}, \overline{U_2}, \overline{U_3}, \overline{Z_1}, \overline{Z_2}\overline{Z_3}, t) \\ \overline{G_3}(\overline{V_1}, \overline{V_2}, \overline{V_3}, \overline{U_1}, \overline{U_2}, \overline{U_3}, \overline{Z_1}, \overline{Z_2}\overline{Z_3}, t) \end{bmatrix}.$$

$$3 \text{десь} \quad \overline{\psi_j}(\overline{V_1}, \overline{V_2}, \overline{V_3}, \overline{U_1}, \overline{U_2}, \overline{U_3}, \overline{Z_1}, \overline{Z_2}\overline{Z_3}, t) = \begin{bmatrix} \overline{\psi_{i1}} & \overline{\psi_{i2}} \dots \overline{\psi_{inj}} \end{bmatrix}^T$$

$$\text{и} \quad \overline{G_j}(\overline{V_1}, \overline{V_2}, \overline{V_3}, \overline{U_1}, \overline{U_2}, \overline{U_3}, \overline{Z_1}, \overline{Z_2}\overline{Z_3}, t) = \begin{bmatrix} \overline{G_{i1}} & \overline{G_{i2}} \dots \overline{G_{inj}} \end{bmatrix}^T - \text{нелиней-}$$
ные вектор-функции, nj — размерность вектора состояния соответствующей компоненты, $j = \overline{1,3}$, переменная t — время.

Учитывая разнородность отдельных составляющих рассматриваемого объекта, примем в качестве координат мониторинга и управления комплекс показателей экологического состояния объекта в векторном пространстве экологического совершенства, задающего все его эколого-технико-экономические свойства в единой области значений [9].

Значительное накопление отходов в г. Пенза и Пензенской области определяет необходимость непрерывного мониторинга за их состоянием и создание системы управления ОСКУ, обеспечивающей мониторинг, контроль и управление отходами производства на стадии их сбора, очистки и сортировки, переработки и утилизации, производства из ОСКУ вторичной продукции (рис.3).

Система управления ОСКУ представляет собой элемент в общей природно-технической системе, многофункциональный комплекс, обеспечивающий множество функций по снижению антропогенного воздействия ОСКУ на окружающую среду, включая функции мониторинга, контроля и управления:

- накоплением и утилизацией ОСКУ;
- очисткой ОСКУ на входе от посторонних включений;
- обезвреживанием сточных вод после очистки ОСКУ на участке подготовки:
- накоплением неликвидных ОСКУ и других отходов производства;
- очисткой воздуха в рабочей и промышленной зоне;
- снижением шума и вибрация дробилок, сепараторов и вибросита.

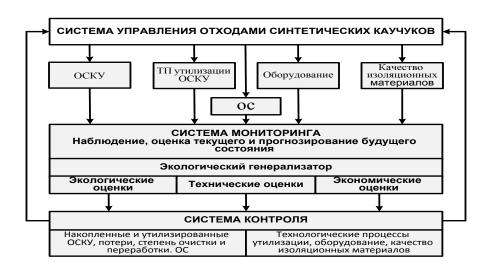


Рисунок 3 – Система управления отходами синтетических каучуков

Одновременно система управления обеспечивает управление технологическими процессами переработки ОСКУ в изоляционные материалы, обеспечивает мониторинг, контроль и управление качеством выпускаемой продукции, исключает возможные неисправности оборудования, способные повлечь негативное воздействие производства на ОС непосредственно или посредством снижения эффективности и качества переработки ОСКУ.

По изоляционному материалу (на участке выхода материала) в системе управления реализованы функции контроля: массы изоляционного материала; образования трещин и складок; водопоглащения и водонепроницаемости; упруго-прочностных свойств; упаковки.

Подсистема управления оборудованием реализует функции контроля и управления: частотой вращения и временем работы дробилок и миксеров; временем работы гравитационного и магнитного сепараторов, вибросита, участка спекания – термокамеры; режимами срабатывания автоматизированных технических средств.

В системе управления реализованы функции хронологического контроля и организации экологического мониторинга. При этом, в качестве объектов контроля приняты места накопления ОСКУ с их чёткой привязкой к территориям. Проведено распределение потоков поступления ОСКУ на утилизацию.

В состав параметрической организации мониторинга, контроля и управления включены перечисленные выше функции и показатели, отражающие экологическое состояние накопления и утилизации ОСКУ. Нормативную базу составляет система нормативных документов и методик, определяющих методы и средства измерения и контроля параметров технологических процессов, свойств и характеристик ОСКУ и изготавливаемых из отходов изоляционных материалов. Хронологический аспект мониторинга обеспечивается заданными в системе управления регламентами, временем представления данных, периодичностью и порядком отбора проб.

Реализация всех перечисленных функций обеспечивается построением системы в виде единого целостного комплекса взаимосвязанных элементов мониторинга, контроля и управления, каждый из которых в свою очередь пред-

ставляет собой систему взаимосвязанных элементов. Так, подсистема мониторинга включает в себя элементы наблюдения за объектом и сбора информации об объекте, оценки текущего и прогнозирования будущих состояний.

Таким образом, система управления экологическим состоянием ОС и производством объединяет совокупность управляющих органов и управляемых объектов сбора, утилизации и переработки ОСКУ, реализующих функции наблюдения и оценки за их экологическим состоянием. На основе результатов мониторинга и заданного критерия уполномоченная государственная организация принимает решение и обеспечивает управление его выполнением. Часть функций по контролю и управлению выполняется в автоматизированном режиме с использованием разработанных в [3-12] методов обработки информации, датчиков, контроллеров и других технических средств.

Центральный элемент в системе управления – компьютер и программные средства, реализующие концентрацию и сжатие информации с преобразованием её к удобному для анализа и принятия решений виду. С целью обеспечения единства и сопоставимости оценок за основу преобразования информации и формирования индикаторов приняты методы, разработанные в работах И.А. Прошина [3-9], обеспечивающие преобразование разнородной информации с различных объектов в единое пространство.

Оценку эколого-экономической эффективности работы в рециклинге ОСКУ предприятий-утилизаторов предложено проводить на основе следующего алгоритма. Выполнение качественно-количественных оценок на очередном этапе управления начинается с постановки основной цели в виде планирования перечня возможного получения промежуточных либо конечных продуктов, а также отходов из общего объёма ОСКУ (рис.4).

Утилизацию исходного объёма определённого вида отходов синтетических каучуков $R_{_{V}}$ с дальнейшим использованием продуктов, получающихся после переработки в различных параллельно-последовательных технологиях, представим следующим выражением:

$$R_{v} = \sum_{i=0}^{i=k} V_{i}^{r \, 1 + r \, n} + \sum_{j=0}^{j=m} U_{j}^{r \, 1 + r \, n},$$

где Rv — объём ОСКУ, поступающих на утилизацию; $V_i^{r\,1+r\,n}$ — объём i - ого продукта в r -том рецикле; $U_j^{r\,1+r\,n}$ — объём j - ого отхода в r -том рецикле; k, m — вид продуктов и отходов переработки соответственно, на каждом из решиклов.

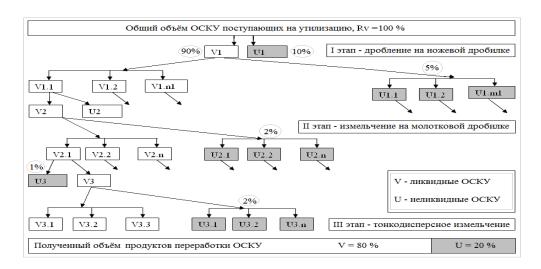


Рисунок 4 – Алгоритм мониторинга последовательной утилизации ОСКУ

Цели, задачи и критерии управления устанавливают по результатам экологического мониторинга и содержательного анализа доступных и работоспособных технологий, эколого-технико-экономической оценки текущего и прогнозируемого состояния ПТС, потребительского заказа, финансовых оценок и др. Количество уровней и эффективность управления определяются в результате оценки всего технологического цикла сбора и утилизации ОСКУ в пространстве эколого-технико-экономические индикаторов.

На каждом из этапов утилизации отходов синтетических каучуков (рис.4), с помощью линейного приближения определяют максимальное значение целевой функции:

$$F(x_{1}, x_{2}, ..., x_{n}) = c_{1}x_{1} + c_{2}x_{2} + ... + c_{n}x_{n} \to \max$$

$$\begin{cases} a_{11}x_{1} + a_{12}x_{2} + ... + a_{1n}x_{n} \leq b_{1} \\ a_{21}x_{1} + a_{22}x_{2} + ... + a_{2n}x_{n} \leq b_{2} \\ ... & ... \\ a_{k1} + a_{k2}x_{2} + ... + a_{kn}x_{n} \leq b_{k} \\ a_{k+1,1}x_{1} + a_{k2}x_{2} + ... + a_{kn}x_{n} \leq b_{k} \\ ... & ... \\ a_{m,1}x_{1} + a_{m,2}x_{2} + ... + a_{m,n}x_{n} = b_{m} \\ x_{1} \geq 0, x_{2} \geq 0, ..., x_{n} \geq 0 \end{cases}$$

$$(1)$$

Обеспечение максимального значения целевой функции (1) включает набор неизвестных ($x_1, x_2, ... x_n$), являющихся решением системы неравенств (2). Переменные x_1, x_2 и x_n — это неизвестные количества получаемого изоляционного материала из различных фракций (фр.0,5...1,2 мм, фр.1,2...2,2 мм, фр.2,2...3,2 мм и т.д.), которые требуется вычислить в поставленной задаче. При этом $x_1, x_2, ... x_n$ принимают только положительные значения: $x_1 \ge 0$, $x_2 \ge 0$, $x_n \ge 0$. Коэффициенты системы неравенств (2) определяются условием решаемой задачи

 $a_{11}, a_{12}, \ldots a_n$ (машино-часы работы дробильных машин: ножевой дробилки, молотковой дробилки, тонкодисперсного измельчителя) и \mathcal{C}_i функции (2) — это прибыль от реализации изоляционного материала потребителям. Результатом решения задачи (для процесса переработки) является определение эффективных режимов процесса утилизации, и как следствие, рационального использования вторичного сырья из отходов синтетических каучуков.

Таким образом, разработана система управления утилизацией отходов синтетических каучуков и производства изоляционных материалов, основанная на генерализации результатов мониторинга в контексте эколого-технико-экономических индикаторов и обеспечивающая мониторинг окружающей среды и состояния отходов синтетических каучуков, контроль и управление состоянием оборудования, технологическими режимами и качеством изготавливаемых материалов.

Практическое применение разработанной технологии утилизации и системы управления отходами синтетических каучуков в изоляционные материалы для полигонов ТБО рекомендуется отходоперерабатывающим предприятиям, органам местного самоуправления центральных населенных пунктов (численностью более 20000 человек) в виде комплекса по переработке ОСКУ. Разработанные методы, методики, математические модели, технология утилизации ОСКУ и система управления отходами производства внедрены в учебный процесс и на промышленных предприятиях. Математическое моделирование, экспериментальные исследования, промышленная апробация разработанной технологии и изоляционных материалов подтверждают адекватность результатов исследований и высокую эффективность созданной технологии и системы управления.

Список литературы

- 1. Прошин И.А., Горячева А.А., Дярькин, Р.А. Технология утилизации отходов синтетических каучуков / Современные проблемы науки и образования. 2015 [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/issue/ (дата обращения: 04.02.2015).
- 2. Дярькин, Р.А., Прошин И.А., Горячева А.А. Применение изоляционных материалов из отходов синтетических каучуков в основании полигона твердых бытовых отходов / Современные проблемы науки и образования. 2015 [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/issue/ (дата обращения: 04.02.2015).
- 3. Прошин И.А., Сюлин П.В., Таранцев К.В. Системная организация научных исследований экосистем // «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Научно-методический журнал. 2012. № 02(06). Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2012. С. 166—170.
- 4. Прошин И.А., Прошина Р.Д., Сюлин П.В. Методика структурнопараметрического синтеза математических моделей экосистем // «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Научнометодический журнал. — 2013. — № 09(13). — Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад. — 2013. — С. 47-57.
- 5. Прошин И.А., Сюлин П.В. Методика научных исследований экосистем // Экологические системы и приборы. -2013. -№ 12 C. 26-32.
- 6. Прошин И.А., Сюлин П.В. Математические и компьютерные методы в медицине, биологии и экологии / В.И. Левин, С.О. Абдулаев, Э.А. Алиев, В.А.

- Гаджиагаев, О.В. Головинская, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина, А.В. Леонов, Д.А. Магомедов, С.В. Попов, И.А. Прошин, А.Н. Пылькин, П.В. Сюлин, Б.В. Тишлин. Пенза Москва: Приволжский Дом знаний, 2012. С. 66-93.
- 7. Прошин И.А., Прошин Д.И., Сюлин П.В. Принципы генерализации в формировании системы информационных индикаторов экодинамики // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. -2014. № 01 (17). -C. 215-219.
- 8. Прошин И.А., Прошин Д.И., Сюлин П.В. Принципы генерализации в системном экологическом мониторинге // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. -2014. N = 01 (17). C. 225-232.
- 9. Прошин И.А., Сюлин П.В. Компонентный портрет экологической безопасности // Проблемы региональной экологии. -2013. -№ 6. -C. 151-154.
- Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Структурно-параметрический синтез математических моделей объектов исследования по экспериментальным данным // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: "Морская техника и технология". 2009. №1. С. 110–115.
- 11. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Построение математических моделей в задачах обработки экспериментально-статистической информации // Известия Самарского научного центра РАН. Авиационно-космическое машиностроение. Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. Т.14 —№1(2) С. 425-428.
- 12. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Автоматизированная обработка информации в системах управления технологическими процессами. (монография). Пенза: ПГТА, 2012. 380 с.

УДК 631.1:631.82

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СОЧЕТАНИИ С МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ КУБАНИ

- © **С.В. Жиленко,** Кубанский государственный аграрный университет (г. Краснодар, Россия)
 - © **В.Г. Сычёв,** ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
 - © **А.Х. Шеуджен,** ГНУ ВНИИ риса (г. Краснодар, Россия)
- © **Н.И. Аканова,** ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)

AGRO-ECOLOGICAL ESTIMATION OF EFFECTIVENESS IN THE APPLICATION OF MICROCELLS IN COMBINATION WITH THE MINERAL FERTILIZERS IN KUBANS AGRICULTURE

- ©S.V. Zhilenko, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia) ©V.G. Sychev, SSI All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)
- © A. Kh. Sheudzhen, SSI All-Russian Rice Research Institute (Krasnodar, Russia) © N.I. Akanova, SSI All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)

Представлены результаты исследований по эффективности применения различных норм минеральных удобрений и предпосевной обработки семян озимого ячменя микроэлементами. Предпосевная обработка семян микроэлементов улучшает их посевные качества, увеличивает

энергию прорастания, всхожесть семян, число и высоту ростков, что обусловливает существенное повышение урожайности

Ключевые слова: озимый ячмень, урожай зерна, почва, плодородие, минеральные удобрения, предпосевная обработка семян, микроэлементы.

The results of studies on the effectiveness of the application of different standards of mineral fertilizers and presowing processing of the seeds of winter barley by microcells are represented. The presowing working of the seeds of microcells improves their sowing qualities, increase energy of germination, germinability of seeds, number and height of sprouts, which causes a considerable increase in the productivity.

Key words: winter barley, the harvest of grain, soil, fertility, the mineral fertilizers, the presowing working of seeds microcells.

Зерновое производство, как и все сельское хозяйство, находится в большой зависимости от природно-климатических условий. Существующие технологии возделывания озимых культур, при всех их достоинствах, в меняющихся условиях не в состоянии обеспечивать получение достаточно высоких урожаев зерна, при этом существенно повысить устойчивость и эффективность его производства. Поэтому, для ускорения адаптивности зернового хозяйства необходимы исследования по выявлению особенностей роста, развития, формирования урожая зерна и его качества растений озимых культур в условиях Краснодарского края. Актуальность таких работ заключается еще и в том, что в связи с улучшением климатических условий территории края, сравнительный анализ продукционного процесса агроценозов, позволят наряду с научным обоснованием совершенствования технологии возделывания, определить пути развития зернового производства.

В Краснодарском крае озимый ячмень является одной из наиболее урожайных зерновых культур. Он менее требователен к условиям возделывания, а по продуктивности конкурирует с основной зерновой культурой края - озимой пшеницей. Получение стабильно высоких урожаев зерна ячменя возможно только в условиях оптимизации системы удобрений, обеспечивающей сбалансированное питание и наиболее полную реализацию потенциала продуктивности культуры [1,4,6,7]. В сложившихся в настоящее время экономических условиях, уровень применения удобрений в большинстве хозяйств Краснодарского края снизился, что привело к падению урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим большую актуальность приобретают исследования, направленные на совершенствование системы удобрения, в том числе, озимого ячменя [2,3].

Озимый ячмень более урожайный, чем яровой. В годы благоприятные для перезимовки, урожай зерна в Краснодарском крае достигает 50-55 ц/га, а на сортоучастках 79-84 ц/га, средняя урожайность - 28-30 ц/га. Для увеличения производства качественной сельскохозяйственной продукции наряду с основными удобрениями большое значение имеют микроэлементы Мо, Ми, Си, Fe, B, Zn, необходимые растениям в очень небольших количествах. Однако каждый из них выполняет строго определенные функции в обмене веществ, питании растений и не может быть заменен другим элементом. Более высокая эффективность применения микроудобрений наблюдается, как правило, при хорошей обеспеченности растений азотом, фосфором и калием. В то же время применение необходимых микроэлементов значительно повышает действие азотных, фосфорных и калийных удобрений.

В полевом опыте в 2006-2007 году на черноземе выщелоченном слабогумусном сверхмошном легкоглинистом на лессовидных тяжелых суглинках были проведены исследования по разработке оптимальных норм минеральных удобрений и выявлению эффективности предпосевной обработки семян озимого ячменя медью. Агрохимическая характеристика почвы характеризовалась следующими показателями: содержание гумуса 2,77%; общего азота 2,05; общего фосфора 1,86%; подвижного фосфора 18,2 мг/100г; обменного калия 31,8 мг/100 г; рНкс1 6,0; Нг -44 ммоль-экв /кг почвы; сумма поглощенных оснований 329 ммоль-экв/кг почвы; степень насыщенности основаниями 88,2%. Валовое содержание меди в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья 19,0-21,7 мг/кг, доля водорастворимой меди в среднем составляет около 1,0 % от ее валового содержания, обменной меди содержится в среднем 0,46 -0,54 мг/кг. Обследование экспериментальных полей за пятилетний период показало, что содержание подвижной формы меди в пахотном слое чернозема выщелоченного в среднем составляет 3,82 мг/кг и это на 6,4 % ниже в сравнении с исходным содержанием. Наблюдается тенденция к снижению содержания подвижной форм меди.

Климат территории размещения экспериментального поля — умеренно континентальный, степной с неустойчивым увлажнением, характеризуется мягкой непродолжительной зимой, длительным безморозным периодом, большой суммой положительных температур за вегетационный период. Погодные условия в годы проведения эксперимента практически не отличались как по влаго-обеспеченности, так и по температурному режиму.

Посевная площадь делянки 150 м²; учетная — 104 м². Повторность опыта 3-х кратная; предшественник — озимая пшеница. Объектом исследования был озимый ячмень сорта Добрыня. Минеральные удобрения применяли в форме Рсд, Кх и Naa. Предпосевную обработку семян проводили 0,5% раствором микроэлементов методом смачивания из расчета 10 л рабочего раствора на 1 т посевного материала. Уборку урожая проводили в фазу полной спелости зерна. Полученные данные подвергались математической обработке методом дисперсионного анализа. Семена ячменя перед посевом с целью создания более благоприятных условий для сохранения влаги в посевном и пахотном слоях.

Выявлена степень влияния факторов на урожайность ячменя: срок сева 60%, сортовые особенности — 17-18%, а норма высева — 10-11%. Предпосевная обработка семян озимого ячменя микроэлементами по-разному влияет на их посевные качества (табл.1). Микроэлементы — кобальт, марганец, медь, молибден и цинк достоверно повышают как энергию прорастания, так и всхожесть семян ячменя [5]. Марганец, цинк и молибден увеличивают энергию прорастания на 11,0-11,7%, медь более чем на 12,0 %. Наибольшее влияние на всхожесть семян - 94,2 и 95,0% оказали цинк и медь, что выше контроля на 3,9 и 4,7%. При их обработке медью и цинком практически в два раза увеличилась дружность прорастания семян.

Таблица 1 – Посевные качества семян озимого ячменя в зависимости от

предпосевной обработки микроэлементами

Микроэлемент	Энергия про- растания	Всхо- жесть	Дружность прорастания,	Скорость прорастания, одного семени,
	%	шт./сут.		сут.
Контроль (вода)	78,0	90,7	9,2	2,8
В	78,5	91,3	14,3	2,8
Со	83,6	93,9	14,7	2,9
Мп	87,1	92,7	14,2	2,8
Zn	86,6	94,2	17,0	2,8
Mo	87,2	93,1	12,6	2,8
Си	87,5	95,0	17,5	2,9
HCP_{05}	1,8	2,8	4,9	0,1

При обработке микроэлементами скорость прорастания семян озимого ячменя изменялась несущественно, однако достоверно увеличивалось число и высота ростков. Так, бор, кобальт, марганец, цинк увеличивали число ростков в среднем на 17-19%, молибден -19,8%, медь - 21,9%. Максимальное увеличение числа (85,6 шт./100 семян) и высоты проростков (8,0 см) наблюдалось при обработке семян медью. На контроле эти показатели соответственно составляли 70,2 шт./100 семян и 6,8 см. Установлено, что предпосевная обработка семян озимого ячменя медью улучшает их посевные качества, обеспечивая значительный стартовый эффект, способствует сокращению сроков прорастания и более дружному появлению всходов. Медь положительно влияла на формирование корневой системы: при обработке семян элементом длина корешка увеличилась более чем на 2 см, что на 30% выше контроля.

Содержание аммонийного азота в почве в значительной степени зависело от нормы вносимых удобрений. Так, в фазу всходов на посевах озимого ячменя при естественном уровне плодородия почвы аммонийный азот обнаруживался в количестве 0,54-0,78 мг/кг почвы. При внесении низких $(N_{30}P_{30}K_{20}; N_{30}P_{30}K_{20}+Cu)$, средних $(N_{60}P_{60}K_{40}; N_{60}P_{60}K_{40}+Cu)$ и повышенных $(N_{90}P_{90}K_{60}; N_{90}P_{90}K_{60}+Cu)$ норм минеральных удобрений содержание аммонийного азота в почве увеличивалось по сравнению с контролем на 1,8 мг/кг; 2,4-2,5 и 2,8-2,9 мг/кг соответственно. Максимальное его содержание 4,08 мг/кг в среднем за три года в фазу всходов определялось при внесении под озимый ячмень высоких норм удобрений $(N_{120}P_{120}K_{80}; N_{120}P_{120}K_{80}+Cu)$. Зависимость между содержанием аммонийного азота в почве от норм вносимых удобрений сохранялась на протяжении всей вегетации культуры.

Минеральные удобрения существенно изменяли нитратный режим почвы. Определение содержание в почве нитратного азота в фазу всходов озимого ячменя показало, что удобрения в низких, средних, повышенных и высоких нормах удобрений за все годы исследований увеличивали его количество соответственно до 20,8-22,5 мг/кг; 30,1-31,0; 33,6-33,9 и 36,9-38,1 мг/кг, тогда как на контроле обнаруживалось только 8.4 мг/кг.

Содержание нитратного азота в почве заметно возрастает к фазе кущения растений озимого ячменя. Наибольшее его количество обнаруживается на удобренных вариантах. Причем, чем выше норма внесенного азотного удобрения, тем больше нитратов содержалось в почве. Минимум нитратов в почве определялся к концу вегетации озимого ячменя,

Характер динамики содержания подвижного фосфора в почве по годам исследования не изменялся, в фазе всходов растений в слое 0-40 см выщелоченного чернозема содержалось 62,6 мг/кг подвижного фосфора. В период кущения его количество возрастало до 80,3 мг/кг, но в последующие фазы вегетации растений: колошение и полную спелость, содержание подвижного фосфора снижалось соответственно до 38,2; 42,6 мг/кг почвы.

Предпосевная обработка семян медью и внесение удобрений не изменяли характер динамики содержания подвижного фосфора в почве. Однако при внесении минеральных удобрений в течение всего периода вегетации ячменя наблюдалось повышенное его содержание по сравнению с контролем.

Удобрения увеличивали содержание обменного калия в слое 0-40 см по всем вариантам опыта в соответствии с нормами вносимых удобрений, в фазу всходов с предпосевной обработкой семян медью и без нее на контроле было 101,5-102,7 мг/кг почвы. При внесении низких норм удобрений увеличение элемента в почве составляло 19,8-18,7%; средних — 44,0-46,6 %, повышенных - 65,9-71,9%. Благоприятные погодные условия в фазу кущения растений способствовали максимальному его накоплению в почве. Содержание обменного калия в фазу кущения повышалось на контроле до 129,5 мг/кг почвы; при низких нормах — 144,4-149,5; средних - 207,5-203,8; повышенных - 241,4-235,2 и высоких — 256,7-260,3 мг/кг. В период колошения ячменя в почве обнаруживается обменного калия меньше по сравнению с предыдущей фазой развития растений. В фазу полной спелости зерна количество обменного калия в почве по всем вариантам опыта снижалось.

В вариантах $N_{60}P_{60}K_{40}$ и $N_{60}P_{60}K_{40}$ + Си содержание азота в зерне ячменя увеличивалось на 0.54-0.80 %, фосфора -0.06-0.08 и калия 0.07-0.08 % соответственно. Предпосевная обработка семян медью оказывает положительное влияние на потребление растениями и накопление в них азота, фосфора и калия. Видимо, поглощенные семенами ионы меди в процессе их смачивания, активизируя метаболические процессы, способствуют потреблению макроэлементов. Содержание меди в растениях изменялось в зависимости от уровня минерального питания и предпосевной обработки семян одноименным элементом. При низких $N_{30}P_{30}K_{20}$, средних $(N_{60}P_{60}K_{40})$, повышенных $(N_{90}P_{90}K_{60})$ и высоких $(N_{120}P_{120}K_{80})$ нормах минеральных удобрений содержание меди в зерне было примерно одинаковое (4,71-4,75 Предпосевная обработка семян медью, активизируя физиологобиохимические процессы в растениях, повышает содержание элемента в растениях, усиливает потребность ячменя в элементах минерального питания. Предпосевная обработка семян медью при всех нормах внесения макроудобрений. Максимальное содержание меди обнаруживалось на варианте с внесением повышенной нормы удобрений -5,82 мг/кг меди, что выше контроля на 21,1 %.

В среднем за три года. исследований сухая масса растений ячменя интенсивно нарастала с фазы кущения до полной спелости зерна. Большое значение в увеличении этого показателя принадлежит минеральным удобрениям. Так, на вариантах $N_{60}P_{60}K_{40}$ и $N_{90}P_{90}K_{60}$ + Си сухая масса растений превышала контроль в фазе кущения озимого ячменя соответственно на 62,5 и 69,7%, колошения – 21,3 и 31,6 %, молочной спелости зерна – 52,2 и 55,1 %, полной спелости зерна – 94,3 и 133,9%.

Вынос из почвы азота, фосфора и калия зависел от норм удобрений и от предпосевной обработки семян медью. Его наибольшая величина отмечалась на варианте $N_{60}P_{60}K_{40}$. Предпосевная обработка семян медью на фоне повышенной нормы удобрений $N_{90}P_{90}K_{60}$ + Си увеличивала вынос азота на 38,1%, фосфора — 33,7 и калия — 30,6% по сравнению с вариантом — $N_{90}P_{90}K_{60}$.

Наблюдения за продолжительностью вегетационного периода показали, что минеральные удобрения существенно повлияли на наступление фаз развития. Всходы на естественном уровне плодородия и при внесении низких $(N_{30}P_{30}K_{20})$ и средних $(N_{60}P_{60}K_{40}+Cu)$ норм удобрений появлялись на 11-й день. Несколько позже, на 12-й день появлялись всходы при внесении повышенных $N_{90}P_{90}K_{60}$ и высоких $N_{120}P_{120}K_{80}$ норм удобрений. Предпосевная обработка семян медью способствовала появлению дружных всходов на 9-й день после посева независимо от норм удобрений. В начальный период роста предпосевная обработка семян медью способствовала сокращению продолжительности их прорастания и более дружному появлению здоровых всходов. В конце вегетации она, наоборот, увеличивая продолжительность генеративного периода растений, способствовала повышению продуктивности посевов культуры.

В среднем за годы исследований дифференцированные нормы удобрений и предпосевная обработка семян медью оказали положительное действие на урожай зерна ячменя (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность озимого ячменя в зависимости от норм мине-

ральных удобрений и предпосевной обработки семян медью, ц/га

				Приб	авка	
Вариант опыта		Урожайность, ц/га	общая, ц/га	%	от меди	
			цла		ц/га	%
$N_0P_0K_0$		27,8	-	-	-	-
$N_0P_0K_0+Cu$		28,8	1,0	4,0	-	-
$N_{30}P_{30}K_{20}$	$N_{30}P_{30}K_{20}$		15,5	55,8	1	-
$N_{60}P_{60}K_{40}$		52,7	24,9	89,6	-	-
$N_{90}P_{90}K_{60}$		50,6	22,8	82,0	-	-
$N_{120}P_{120}K_{80}$		47,0	19,2	69,1	1	-
$N_{30}P_{30}K_{20}$		44,9	17,1	61,5	1,6	3,7
$N_{60}P_{60}K_{40}$	1.0.	54,0	26,2	94,2	1,3	2,5
$N_{90}P_{90}K_{60}$	+Cu	56,6	28,8	103,6	6,0	11,9
$N_{120}P_{120}K_{80}$		50,1	22,3	80,2	3,1	6,6
НСР ₀₅ , ц/га		5,2				

Предпосевная обработка семян медью без применения удобрений почв увеличивала урожай в среднем на 0,4-1,5 т/га. Низкие нормы $N_{30}P_{30}K_{20}$ увеличивали урожай на 15,5 ц/га, средние ($N_{60}P_{60}K_{40}$) — 24,9, повышенные ($N_{90}P_{90}K_{60}$) — 22,8 и высокие ($N_{120}P_{120}K_{80}$) несколько ниже — 19,2 ц/га.

Предпосевная обработка семян повышала эффективность вносимых минеральных удобрений. Так, на всех вариантах опыта с внесением меди независимо от дозы NPK прибавка урожая по сравнению с одноименными вариантами, не содержащими медь, составила соответственно 1,6; 1,3; 6,0 и 3,1 ц/га. Повышение урожая

происходило в основном за счет увеличения массы 1000 зерен, числа продуктивных побегов на одно растение, количества колосков и зерен в колосе и снижения пустозерности зерна озимого ячменя. Наибольшая выполненность зерна озимого ячменя (40,5 г), число зерен в колосе (48,5 шт.), масса зерна с одного колоса (1,9 г.) выявлены при внесении $N_{60}P_{60}K_{40}$. Возрастание массы зерна с одного колоса происходило за счет большего числа зерен и лучшего их налива.

В среднем за годы исследований наибольшее содержание белка в зерне 14 % определено на варианте $N_{90}P_{90}K_{60}+$ Cu, что на 4,4 % выше, чем на контроле. На посевах семенами без предпосевной обработки внесение $N_{60}P_{60}K_{40}$ обеспечило содержание белка в зерне -12,7 %.

Данные по аминокислотному анализу показывают, что минеральные удобрения повышали содержание незаменимых аминокислот, а также положительно влияли на аминокислотный состав зерна озимого ячменя. Они увеличивали содержание лизина, аргинина, аспарагина, глутамина и пролина: 4,05-4,49 г/кг сухого вещества; аргинина – 5,03-5,83; аспарагина – 4,01-4,53; глутамина – 23,02-27,05 пролина – 10,34-12,87 г/кг. Максимальное увеличение по всему аминокислотному составу определено при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}+$ Си - 2,6; 3,63; 2,82; 14,03 и 7,15 г/кг.

Анализ экономических показателей выявил высокую эффективность применения макро- и микроудобрений на посевах озимого ячменя. Условно чистый доход на вариантах $N_{60}P_{60}K_{40}$ и $N_{90}P_{90}K_{60}$ + Си составил соответственно 11205 и 12960 руб./га, окупаемость одного рубля затрат 2,10 и 2,14, уровень рентабельности 108,3 и 114,4 %.

Таким образом, выявлены особенности влияния различных доз минеральных удобрений и обработки семян микроэлементами на фотосинтетическую продуктивность растений озимого ячменя и дана сравнительная оценка экономической эффективности производства. Установлено, что минеральные удобрения положительно влияли на содержание аммонийного, нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия в выщелоченном черноземе. Предпосевная обработка семян медью положительно влияла на содержание одноименного элемента в зерне.

Максимальный урожай зерна получен при внесении $N_{60}P_{60}K_{40}$ и $N_{90}P_{90}K_{60}+Cu$, прибавки на этих вариантах составляли соответственно 24,9 и 28,8 ц/га. Наиболее экономически эффективно внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{40}$, однако, агрохимически обоснованная система удобрения озимого ячменя $N_{90}P_{90}K_{60}+Cu$ обеспечивает более полную реализацию генетического потенциала растений.

Список литературы

- 1. Сергеева М.Е. Удобрение ячменя на дерново-подзолистых почвах Ивановской области. Автореф. дисс.... канд.с.х. наук. Казань, 1970. – 22 с.
- 2. Корсун, В. А. Продуктивность новых сортов озимого и ярового ячменя при разных дозах азотной подкормки в ранневесенний период на черноземе Западного Предкавказья 2001. Краснодар. 21 с.
- 3. Андрияш С.В., Гожинецкая О.И. Влияние минеральных удобрений на обмен веществ и продуктивность озимого ячменя на обыкновенном чернозёме // Агрохимия, 1976. №9. С. 59-65.
- 4. Жиленко, С.В. Агрохимические показатели почвы и продуктивность культур при внесении удобрений // Почва как связующее звено функционирова-

- ния природных и антропогенных преобразовательных систем. Материалы науч.-практич. конф. Изд-во ИркутскГУ, 2006. С. 531-534.
- 5. Харитонов Е.М., Шеуджен А.Х., Жиленко С.В. Рекомендации по применению микроудобрений и воздушно-тепловому обогреву семян риса. Майкоп: Афиша, 2006. 20 с.
- 6. Кизинёк С.В., Шильников И.А., Николаева И.И., Аканова Н.И. Эффективность новой формы нитроаммофоски в рисоводстве // Плодородие, 2013. №2(71). С. 10-12.
- 7. Шильников И.А., Сычёв В.Г., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И и др. Потери элементов питания растений в агробиогеохимическом круговороте веществ и способы их минимизации. Монография. Изд-во ВНИИА, 2012, 351 с.

УДК 635.8;631.86

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННОГО СУБСТРАТА В КАЧЕСТВЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ – ВАЖНЕЙШЕЕ ЗВЕНО БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ

- © **А.И. Иванов**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- © **Ю.В. Корягин,** Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- © **Р.В.** Анохин, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

USING WASTE SUBSTRATE AS ORGANIC FERTILISER – THE MOST IMPORTANT LINK OF RECYCLING TECHNOLOGY OF MUSHROOMS GROWING

- © A.I. Ivanov, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
- © Y.V. Korjagin, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
- © R.V. Anokhin, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)

Статья посвящена использованию отработанного субстрата после выращивания вешенки в качестве органического удобрения, мульчировочного материала и компонента рассадного грунта. Приводятся результаты полевых опытов по изучению влияния отработанного субстрата на урожайность зерновых и овощных культур и результаты вегетационных опытов по влиянию этого материала на развитие рассады огурцов и томатов. Даются научно-обоснованные результаты по нормам внесения отработанного грибного субстрата в почву.

Ключевые слова: грибоводство, органические удобрения, отработанный грибной субстрат, мульчирование, овощные культуры, рассада

The paper studies the possibility of using the waste substrate after growing oyster mushrooms as an organic fertilizer and soil component seedlings. The results of field experiments to study the effect of on the yield the waste substrate of grain and vegetable crops and vegetation results of experiments on the effect of the material on the development of seedlings of cucumber and tomato. The scientific grounded results on the rates of application of waste substrate are given in the article.

Key words: Mushroom cultivation, organic fertilizers, waste mushroom substrate, mulching, vegetables, seedling

E-mail: bioekolog.pgsha@yandex.ru

Агросфера — это часть биосферы нашей планеты, занятая агроценозами. Важнейшим недостатком последних является отсутствие в них блока редуцентов, в связи, с чем человеком используется лишь часть первичной продукции, созда-

ваемой растениями. Например, при выращивании подсолнечника используются лишь маслосемена. Миллионы тонн лузги выбрасываются на свалки. То же самое происходит при выращивании технических культур – льна и конопли, где волокно составляет не более 20%. Остальное составляет отход производства – костра, на производство которой делаются те же затраты, что и на используемый продукт, т.е. коэффициент полезного действия фотосинтетической деятельности растений в данном случае не превышает 20%. В связи с тем, что резервов для расширения площади агросферы за счет свободных земель уже нет и возможности увеличения урожайности за счет интенсификации земледелия в основном исчерпаны, возникает необходимость в поиске повышения эффективности использования первичной продукции агроценозов новых направлений [10, 12-13, 15-17]. Среди них в первую очередь следует указать на развитие отрасли грибоводства. Съедобные шляпочные грибы в природных экосистемах, утилизируя отмершую древесину, лесную подстилку и т.п. создают большие объемы вторичной продукции в виде плодовых тел, которые активно потребляются беспозвоночными и позвоночными животными. Их плодовые тела являются ценным продуктом питания и для человека. Кроме того, отработанные грибные субстраты (ОГС) представляют собой органическое удобрение богатое углеродом. Таким образом, технологии выращивания грибов являются безотходными и представляют собой яркий пример биосферных аграрных технологий [2-5].

Целью данной работы было изучение возможностей использования отработанного грибного субстрата после выращивания съедобного гриба вешенки в качестве органического удобрения.

Актуальность выбранного направления исследований определяется тем, что данная отрасль овощеводства дает большие объемы отходов, представляющих собой полуперепревшие органические материалы в основном пшеничную солому и подсолнечную лузгу. В настоящее время их большая часть свозится на свалки, вызывая загрязнение окружающей среды, что связано с определенными финансовыми затратами. Расходы на утилизацию одной тонны отхода составляют порядка 420 рублей (плата за размещение на свалке – 150 руб./т; платы за ущерб окружающей среде 20 руб./т и транспортных расходов -250 - 300 руб./т). Это крайне нерациональный путь их утилизации, так как отработанные субстраты могут быть использованы в качестве органического удобрения и мульчированного материала, в которых сельскохозяйственное производство в настоящее время испытывает большую потребность. Сокращение поголовья крупного рогатого скота на частных подворьях и переход крупных ферм на новые технологии содержания животных, сопряженных с гидросмывом, создали дефицит традиционного органического удобрения [1, 13, 14-15, 17] - соломистого полуперепревшего навоза альтернативой которому может быть отработанный грибной субстрат (ОГС). Однако этот аспект его применения изучен недостаточно. Имеющаяся в литературе и интернет источниках информация не содержит научно-обоснованных рекомендаций по нормам и способам внесения субстрата в почву. Кроме того большая часть существующих разработок связана с переработкой отработанных субстратов в биогумус, что существенно замедляет время получения готового продукта и увеличивает его себестоимость. Этим определяется актуальность выбранного направления исследований [3-6].

Кафедрой биологии, экологии и химии имени А.Ф. Блинохватова ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА» начиная с 2002 г. ведутся опыты по изучению влияния отработанного грибного субстрата (ОГС) после выращивания ве-

шенки на почвенное плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур. В ходе их было установлено, что сразу после сбора грибов в почву субстрат вносить не следует, особенно если предприятие работает только на первой волне плодоношения. Отработанные блоки должны выдерживаться в буртах для прохождения ферментации в течение 2-3 месяцев. В ходе ее под воздействием мицелия вешенки и других микроорганизмов солома должна стать темнокоричневой и легко разрываться, а подсолнечная лузга также должна стать мягкой и легко растираться руками. В процессе ферментации блоки теряют до 30 % своего объема. Это необходимо для того, чтобы в блоках не оставалось легкодоступных органических соединений, которые могут активизировать развитие микроорганизмов, способных вызвать иммобилизацию азота и фосфора и делать их недоступными для растений [1, 2, 15].

Как показали наши опыты с зерновыми культурами, проводившиеся с 2007 г. по 2009 г. оптимальная доза внесения отхода грибного производства (соломы прошедшей ксеротермическую обработку) в почву составляет 6 т/га, что по содержанию углерода соответствует 20 т. навоза. Эта доза оказывает положительное влияние на агромелиоративные свойства почвы. Количество водопрочных агрегатов уже в первый год увеличивалось по сравнению с контролем на 3,9 %, плотность снижалась на 9,8 %, содержание гумуса увеличивалось на 0,11 %. На второй год эти показатели оставались на том же уровне, на третий год существенно снижались и приближались к показателям в контроле, куда не вносился отработанный субстрат. Урожайность озимой пшеницы в первый год превысила контроль на 14.8 %, яровой пшеницы на второй год исследований на 12,2 %, ячменя на третий год — на 3-5 %. Более подробно результаты этих исследований публиковались нами ранее [3-5, 7-9].

Отработанный грибной субстрат приготовленный как на основе соломы, так на основе подсолнечной лузги изучался нами в опытах с грунтовой культурой огурца в 2013 и 2014 гг. Для этой культуры оптимальной дозой внесения оказалась доза $-9~{\rm kr/m}^2$ или 90 т/га. При такой норме внесения урожайность огурца составляла $-150-170~{\rm t/ra}$. В контроле же она не превышала 40 т/га.

Как показывает сравнение эффективности применения отработанного грибного субстрата в качестве органического удобрения с эффективностью применения полуперепревшего соломистого навоза, последний, как более богатый элементами минерального питания материал позволяет получить на 12-15 % большую прибавку урожая на зерновых культурах и на 15-25 % на огурцах. Однако применение небольших доз минеральных удобрений в соответствии с рекомендациями позволяет легко преодолеть эту разницу. Таким образом, отработанный субстрат после выращивания вешенки может с успехом заменить навоз крупного рогатого скота, перед которым он имеет ряд важных преимуществ: не сдержит семян сорняков, яиц гельминтов и спор, опасных для здоровья человека бактерий.

Очень перспективным оказывается применение отработанного грибного субстрата в качестве мульчированного материала. Наиболее перспективным в этом плане оказывается отработанный грибной субстрат, приготовленный на основе подсолнечной лузги. В отличии от соломистого субстрата он более технологичен – легко рассыпается и смешивается с верхним слоем почвы при рыхлении. Как показали наши опыты (табл. 1) урожайность белокочанной капусты при мульчировании возрастает на 9-12 %, пекинской капусты – на 12-14 %, овощного перца – на 8-11 %. Мульчирование снижает теплопроводность почвы, предохраняя ее от перегрева летом и промерзания зимой. Поэтому оно может

быть рекомендовано для зимующих культур — земляники и чеснока. Положительное влияние этот прием оказывает также на приживаемость саженцев плодово-ягодных и декоративных культур.

Таблица 1 – Влияние мульчирования отходами грибного субстрата на

урожайность овощных культур

рожанность овощных культур										
					К	Ультуры				
		Капуста белокочанная			Капус	ста пекин	нская	Перец овощной		
Danisasima	Вариант опыта		ожайнос	ТЬ	Ур	ожайнос	ть	Ур	ожайно	сть
Бариант (шыта		откло	нение	т/га	откло	нение		откло	нение
		т/га	от кон	троля	1/1 a	от кон	троля	т/га	от контроля	
			т/га	%		т/га	%		т/га	%
Без удобр	ений	90,0	_	_	27,5	_	_	8,3		_
(контроль	.)	70,0			21,3	_	_	0,3	_	_
-одп		00.1	8,1	9,0	30,8	3,3	12,0	9,0	0.7	8,0
M.	10 т/га	98,1	0,1	7,0	30,8	3,3	12,0	9,0	0,7	0,0
применением (а грибного одства										
эне 16н а	15 т/га	99,6	9,6	10,5	31,2	3,7	13,5	9,3	0,8	10,0
TPI TPI										
С примен хода гриб изводства	20 т/га	102,2	12,2	12,0	31,4	3,9	14,0	9,21	0,9	11,0
ф кох извод 20 т/га		,-	,-	-2,0	,.		- 1,0	- ,= 1	-,-	,
HCP ₀₅			4,57		2.10			0,29		
			4,37			2,18			0,29	

Определенную перспективу использование отработанного грибного субстрата имеет при выращивании рассады в качестве компонента рассадного грунта.

Наши исследования по эффективности применение отработанного грибного субстрата (ОГС) в качестве компонента рассадного грунта показали, что всходы растений томата и огурца во всех вариантах появились практически одновременно, но их появление было очень неравномерным. Первыми массовые всходы появились у растений томата на восьмой день после посева (80 %) и огурца на третий день после посева (78 %) в варианте, где был использован почвогрунт следующего соотношения: ОГС 80 % + торф, 10 % + речной песок 10%. Наименьшее количество всходов было отмечено на почвогрунте при соотношении ОГС 20% + торф 70 % + речной песок 10 % у растений томата на первый день учета (на шестой день после посева) – 35 %, а у растений огурца на первый день учета (на третий день после посева) – 45 % по сравнению с контрольным вариантом, где взошло 20 и 15 % соответственно.

Также большое практическое значение может иметь оценка динамики развития высоты рассады томата и огурца. Как свидетельствуют наши опыты по действию ОГС на динамику развития рассады, что на всех вариантах средняя скорость прироста колебалась в пределах от 0,68 см (контроль) до 0,94 см в сутки у рассады томата и от 0,90 до 1,0 см у огурца. Наиболее динамично развивалась рассада томата на почвогрунте следующего соотношения: (ОГС 80 % + торф, 10 % + речной песок 10 %), где средняя скорость прироста рассады в сутки составила 0,94 у томата.

Период вегетации и продолжительность его отдельных фаз у рассады томата и огурца, так же как и у других видов растений, не является постоянной, а меняется в зависимости от условий питания растений. Все применяемые почвогрунты в наших исследованиях, способствовали сокращению вегетационного периода от появления всходов до высадки рассады в грунт у томата на 3-5 дней и у огурца на 3-4 дня по сравнению с контролем.

Таблица 2 – Биометрические показатели рассады овощных культур пе-

ред высадкой в теплицу, 2014 год

рсді	д высадкой в теплицу, 2014 год										
			мат сорта		ультуры						
		Огурец сорта Теща									
	Количество сфор- мировавшихся на растении		авшихся		Длина, см		Диам см				
г опыта	Высо- та стеб- ля, см.	Диа- метр стебля, см.	листь-	цветоч- ных ки- стей, шт.	Возраст расса- ды, дни		иля (подсемядоль-	иля (подсемядоль-	нижних листьев	Воз- раст расса- ды, дни	
Вариант опыта						стебля	гипокотиля ного колена)	гипокотиля ного колена)	хинжин		
1	10,2	0,4	5	_	38	20, 8	5,1	0,8	14, 0	38	
2	10,8	0,6	5	_	36	21, 5	5,0	0,8	14, 8	36	
3	11,0	0,7	5	_	35	22, 0	4,9	0,9	15, 9	35	
4	11,5	0,7	5	_	35	22, 5	4,8	0,9	16, 8	35	
5	12,0	0,8	5	1	33	23, 4	4,5	1,0	17, 2	33	
6	12,2	0,8	5	1	34	23, 2	4,7	0,9	17, 0	34	

^{1.} Перегной -20% + торф -70% + речной песок -10% (Контроль); 2. Отработанный грибной субстрат (ОГС) 20% + торф -70% + речной песок -10%; 3. Отработанный грибной субстрат (ОГС) 40% + торф -50% + речной песок -10%; 4. Отработанный грибной субстрат (ОГС) 60% + торф -30% + речной песок -10%; 5. Отработанный грибной субстрат (ОГС) 80% + торф -10% + речной песок -10%; 6. Отработанный грибной субстрат (ОГС) 90% + торф -10%.

Биометрические показатели роста и развития рассады томата (высота и диаметр стебля, количество сформировавшихся на растении листьев и цветочных кистей) и огурца (длина стебля и подсемядольного колена и их диаметр, а также диаметр нижних листьев) показали, что на вариантах где были использован отработанный грибной субстрат в качестве компонента рассадного грунта были значительно выше, чем в контрольном варианте. Рассада томата в возрасте 30 дней (при высоте стебля – 16,2 см, с его диаметром – 1,0 см и пятью листьями, с двумя сформировавшихся на растении цветочными кистями) и огурца 29 дней (длина стебля – 29,9 см, длина подсемядольного колена – 4,4 см, диаметр стебля – 1,2 и нижних листьев 21,8 см) была выращена на почвогрунте следующего соотношения: ОГС 80 % + торф 10 % + речной песок 10 %.

Таким образом, качественную рассаду томата и огурца можно вырастить при использовании отработанного грибного субстрата в качестве компонента рассадного грунта.

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что отработанный грибной субстрат после выращивания вешенки может служить превосходным органическим удобрением и на его основе в сочетании с минеральными удобрениями, гуматами, природными и химическими структурообразвателями возможно создание широкого спектра продуктов улучшающих агрономические показатели почвы и повышающие урожайность сельскохозяйственных культур.

Список литературы

- 1. Авдонин Н.С. Научные основы применения удобрений / Авдонин Н.С. М.: Колос, 1972. С. 302.
- 2. Авров О.Е. Использование соломы в сельском хозяйстве / Авров О.Е., Мороз З.М. М.: Колос, 1979. С. 199.
- 3. Анохин Р.В. Возможности использования отработанного субстрата после выращивания съедобных грибов в качестве органического удобрения / Р.В. Анохин, Кичайкин А.В. // Материалы всероссийской научно-практической конференции «Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России». Том 1. Пенза: РИО ПГСХА, 2014. 231 с.
- 4. Анохин Р.В. Утилизация отходов грибоводства путем использования их при выращивании овощных культур / Р.В. Анохин, С.А. Грязева, А.В. Кичайкин, А.И, Иванов, Ю.В. Корягин // Реймерсовские чтения. Материалы XVIII межвузовской научной конференции студентов, посвящённой памяти академика В.И. Вернадского 17-18 апреля 2014 г. М.: Изд-во МНЭПУ, 2014. 279 с.
- 5. Анохин Р.В. Возможности утилизации отходов сельскохозяйственного производства и деревообработки путем выращивания вешенки лимонношляпковой / Р.В. Анохин, С.А. Грязева, А.И, Иванов, Ю.В. Корягин // Реймерсовские чтения. Материалы XVIII межвузовской научной конференции студентов, посвященной памяти академика В.И. Вернадского 17-18 апреля 2014 г. М.: Изд-во МНЭПУ, 2014. 279 с.
- 6. Доспехов Б.А. Методика опытного дела. M., 1985. 351 с.
- 7. Иванов П.А. Изменение плодородия серой лесной почвы под влиянием химической и биологической мелиорации / П.А. Иванов, Е.Н. Кузин // Теоретический научно-практический журнал «Земледелие». 2009. №1 С.18-20.
- 8. Иванов П.А. Изменение продуктивности зерновых культур и плодородия серой лесной почвы под влиянием химической и биологической мелиорации в лесостепном Поволжье / Автореферат дисс..., канд. с.-х. наук. Пенза, 2009. 21 с.
- 9. Иванов А.И. Эколого-экономическая эффективность использования отхода грибного производства в растениеводстве / Иванов А.И., Гришин Г.Е., Ильина Г.В. // Нива Поволжья, 2012. № 3(24). С. 93-96.
- 10. Кольбе Г. Солома как удобрение. / Кольбе Г. Штумпе Г. М.: Колос, 1972. С. 88.
- 11. Корягин Ю.В. Влияние применения биопрепаратов и микроэлементов на посевные качества семян яровой пшеницы / Ю.В. Корягин // Достижения науки и техники $A\Pi K$. N 10. 2014. C. 29-30.
- 12. Корягина Н.В. Мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения / Н.В, Корягина, Н.Ю. Улицкая // Нива Поволжья. 2014. № 2 (31). С. 22-27.
- 13. Корягин Ю.В. Значение бактериальных препаратов и сидератов в биологизированном картофелеводстве / Ю.В. Корягин, Н.В. Корягина // Нива Поволжья. 2014. N 4 (33). C. 53-60.
- 14. Кузин Е.Н. Влияние цеолитсодержащей породы, дефеката и органических удобрений на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность сель-

- скохозяйственных культур / Е. Н. Кузин А. А. Королев // Нива Поволжья. 2007. N = 3. C. 19-24.
- 15. Лебедева Т.Б. Биологические средства повышения плодородия чернозема выщелоченного / Т. Б. Лебедева, С.М. Надежкин, Ю.В. Корягин, Е.В. Надежкина // Нива Поволжья. 2007. № 1 (2). С. 7-10.7.
- 16. Надежкин С.М. Режим органического вещества светло-серой лесной почвы при использовании зеленого удобрения / С.М. Надежкин, Н.В. Корягина // Вестник Саратовского госуниверситета им. Вавилова № 5, 2005, С. 13-14.
- 17. Шильников И.А. Повышение плодородия почв в севооборотах на основе химической мелиорации / И. А. Шильников, Н. И. Аканова, Е. В. Курносова, Г. Е. Гришин, С. В. Кизинёк, М. Ю. Локтионов // Нива Поволжья. № 2(27). 2013. С. 72-76.

УДК 633.39

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ АМАРАНТА МЕТЕЛЬЧАТОГО ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И МИКРОУДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

- © **E.A. Зуева,** Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- © **Н.И. Слугинова,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ECOLOGICAL SUBSTANTIATION OF METHODS OF CULTIVATION OF AMARANTH PANICULATE IN THE APPLICATION OF GROWTH REGULATORS AND MICRONUTRIENTS IN THE CONDITIONS OF FOREST-STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

© E. A. Zueva, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia) © N. I. Sluginova, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье представлены результаты полевых исследований по влиянию регуляторов роста и микроудобрений на продуктивность амаранта метельчатого. Предпосевная обработка семян препаратами Альбит, Гумат К/Na с микроэлементами, Силиплант обусловила повышение полевой всхожести и сохранности растений на 1,8-2,9 % и 1,5-2,7 % соответственно. Урожайность листостебельной массы составила 14,82 т/га, содержание сырого протеина в зеленой массе в пределах 25,18–28,26 %, урожай семян — 1,45 т/га или на 0,21 т/га (16,9 %) больше, чем в контроле. Лучшим оказался вариант с предпосевной обработкой семян препаратом Альбит.

Ключевые слова: амарант метельчатый, регулятора роста, микроудобрения, полевая всхожесть, урожайность семян.

The article presents the results of field studies on the influence of growth regulators and micronutrients on productivity amaranth paniculate. Presowing seed treatment drugs Albite, HUMATE K/Na with microelements, Eleplant resulted in a higher field emergence and preservation of plants by 1.8 and 2.9% and 2.7% respectively. The yield of leafy mass was 14,82 t/ha, the content of crude protein in green mass within 25,18-of 28.26 %, seed yield of 1.45 t/ha or 0.21 t/ha (16.9 percent) than in the control. The best was the option of pre-sowing seed treatment drug Albite.

 $\textbf{Key words} \hbox{: amaranth paniculate, growth regulators, micronutrients, field germination, yield of seeds.}$

 $\textbf{E-mail} : Princess_Natalia@mail.ru; green.forrester@yandex.ru$

Экологизация сельскохозяйственного производства приобретает все большее значение в связи с глобальными нарушениями процессов круговорота основных биогенных элементов в искусственных агроценозах. Ситуация усугубляется энергетическим кризисом и необеспеченностью сельского хозяйства ресурсами. В этих условиях огромное значение имеет обеспечение функций растений с помощью физиологически активных веществ, обладающих широким спектром действия на важнейшие этапы жизнедеятельности растений, с целью мобилизации у них потенциальных возможностей повышения урожайности и качества производимой продукции. Важным элементом современных технологий производства сельскохозяйственных культур становятся регуляторы роста и микроудобрения. Способность регуляторов роста и микроудобрений стимулировать биопродукционный процесс, иммунную систему и устойчивость к болезням представляет особую ценность в плане их возможного использования в производстве экологически чистых пищевых продуктов и кормов. Прием предпосевной обработки семян регуляторами роста и микроудобрениями удачно сочетает высокую эффективность с низкой энергоемкостью и экологической чистотой, не требует специальной техники, легко вписывается в технологию возделывания. Внедрение этого приема экологически безопасно, отвечает требованиям ресурсосбережения [1, с. 120].

В связи с этим нами в условиях опытного поля Пензенской государственной сельскохозяйственной академии проводились исследования по изучению влияния предпосевной обработки семян амаранта метельчатого регуляторами роста и микроудобрениями Альбит, Гумат К/Na с микроэлементами, Силиплант на продуктивность амаранта метельчатого сорта Кизлярец.

Почва опытного участка — чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый. Почвообразующие породы — делювиальные легкие глины. Содержание гумуса в пахотном слое 6,5 %, подвижного фосфора (по Чирикову) — 10,3 мг/100 г, обменного калия — 13,5 мг на 100 г почвы, р $H_{\rm kcl}$ — 5,2, $H_{\rm r}$ — 7,12-7,86 мг-экв./100, степень насыщения основаниями — 80,8-82,3 %.

Повторность опыта — четырехкратная, размещение делянок систематическое, учетная площадь делянки 10 м^2 . Схема исследований: 1. Контроль (обработка семян водой); 2. Альбит; 3. Гумат К/Na с микроэлементами; 4. Силиплант.

Альбит — многофункциональный препарат содержит естественный биополимер поли-бета-гидроксимасляная кислота из почвенных бактерий Bacillus megaterium и Pseudomonas aureofaciens. В состав препарата входят макро- и микроэлементы (N, P, K, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, Na, B, Co, Ni, Ca, I, Se, Si), хвойный экстракт.

Гумат калия/натрия с микроэлементами — биоактиватор роста растений на основе высокоактивных гуминовых веществ. Содержит N-P-K, Mg и микроэлементы: B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn в комплексе с полигидроксикарбоновыми кислотами и аминокислотами, а также и витамины: B_1 (тиамин), B_3 (ниацин), B_6 (пиридоксин), B_{12} (цианокобаламин). Стимулирует деятельность почвенных микроорганизмов, что ведет к обогащению почвы доступными для растений элементами питания, предохраняет растения от ряда грибковых и вирусных заболеваний, приводит к росту урожайности и повышению содержания полезных веществ в растениях (витаминов, сахаров, клейковины, масел).

Силиплант — универсальное удобрение с высоким содержанием биоактивного кремния 7,5-7,8 %, калия 1 % и микроэлементами в хелатной форме (Fe, Mg, Mn, Cu, Co, Zn, B). Силиплант эффективно восполняет вынос кремния растениями из почвы, стимулирует развитие корневой и надземной части, снимает различные стрессы, активизирует фотосинтез. Обладает мощной прилипаемостью и высоким проникновением в растение, значительно улучшает структуру и плодородие почвы при внесении под корень. Повышает устойчивость к вредителям, обладает ярко выраженным фунгицидным действием, стерилизуя споры грибов, лишая их жизнеспособности.

Посев проводили вручную широкорядным способом с междурядьями 45 см на глубину 1,5-2 см с нормой высева 0,25 млн. всхожих семян на гектар.

Величина урожая в значительной мере зависит от числа растений на единицу площади, что в свою очередь определяется количеством взошедших растений, а также сохранностью их до уборки. Полевая всхожесть имеет большое значение в формировании урожая. Как изреженные, так и загущенные посевы снижают урожайность.

Наши исследования показали, что регуляторы роста и микроудобрения оказали на оптимизацию формирования агроценоза амаранта существенное влияние, увеличивая показатель полевой всхожести растений по сравнению с контролем на 1,8-2,9%. Наибольший процент взошедших растений отмечался в варианте с обработкой семян альбитом. Так, в среднем за три года полевая всхожесть по отношению к контролю увеличилась на 2,9% и составила 69,5%, сохранность составила 81,0%, на контроле -78,3%.

Известно, что длина вегетационного периода имеет большое практическое значение. Фенологические наблюдения свидетельствуют, что общая длина вегетационного периода амаранта не остается постоянной по годам и колеблется в зависимости от климатических условий года выращивания. Интенсивность роста растений в течении вегетации также была различной. Наблюдения за появлением всходов показали, что обогащение семян амаранта регуляторами роста и микроудобрениями ускоряло появление всходов в сравнении с контрольным вариантом на 2-3 дня. Обработка растений амаранта регулятором роста Альбит сокращала на 2-4 дня период вегетации и ускоряла созревание семян. Кроме того, замечено, что после появления всходов часть растений, первыми появившиеся на поверхности почвы, превращаются в лидерные растения и быстро наращивают свою массу. Всходы, появившиеся позднее, достигнув высоты 5-10 см, как бы замирают, и в таком состоянии могут находиться в течение 1-2 месяцев, не нанося ущерба росту и развитию лидерных растений.

В ходе исследований выявлено, что фаза вегетативного развития является самой продолжительной и обусловлена замедленным ростом побегов на ранних этапах развития. Продолжительность вегетативного развития растений амаранта в среднем за годы исследований составила 48-59 дней. Фаза выметывания метелки начиналась во вторую декаду июля и составляла 18-23 дня. Массовое цветение растений отмечалось в августе. Обычно на 84-93-й день после появления всходов. Продолжительность вегетационного периода составила 104-138 дней.

В основе продукционных процессов, ведущих к созданию урожая лежит ассимиляция СО₂, образование органических веществ, т.е. фотосинтетическая деятельность растений. Известно, что рост и развитие растений находятся в прямой зависимости от интенсивности фотосинтеза, которая тесно связана с величиной и продолжительностью работы листового аппарата [3, с. 93].

В ходе исследований было установлено, что прием предпосевной обработки семян амаранта метельчатого регуляторами роста и микроудобрениями оказывает положительное влияние на формирование ассимиляционного аппарата и его фотосинтетическую деятельность. Наибольших значений площадь листьев достигала в фазу созревания при инокуляции семян альбитом — 48,6 тыс. м²/га, что на 7,8 тыс. м²/га выше контроля. Растения, выращенные из семян, обработанных альбитом, формировали более высокий фотосинтетический потенциал, а максимальной величины он достигал в период от цветения до созревания семян — 1,22 млн. м² дн./га. Наибольшая густота продуктивного стеблестоя амаранта отмечена также при обработке семян альбитом и составила в среднем за три года — 161,0 тыс. растений на гектар (контроль — 155,9 тыс./га), что выше контроля на 3,3 %. Изучаемые варианты обработки семян отличались между собой по продуктивности индивидуального растения. Наиболее высокой продуктивностью отличался вариант, в котором проводилась обработка семян альбитом — 443 г/растение, что на 9,9 % (403 г) выше контроля.

Важным показателем растений амаранта является масса листьев, используемая в качестве промышленного сырья. Листья амаранта — в сыром виде полезны как источник макронутриентов (белки, жиры, углеводы), микронутриентов (бетацианины, биофлавоноиды, в том числе кверцетин, рутин, оксикоричные кислоты, пектин, витамин С, пищевые волокна), биологически активных макрокомпонентов, микрокомпонентов и антиоксидантов. Белок, содержащийся в амаранте, сбалансирован по незаменимым аминокислотам и является полноценным. Высушенные листья амаранта (фиточай «Амарантил») также содержат все полезные вещества, только в более концентрированном виде [2, с. 42], [4, с. 130].

Результаты, определения структуры урожая надземной массы амаранта показали, что она состоит на 55,1-57,3 % из стеблей, 42,7-44,9 % из листьев. Применение регуляторов роста и микроудобрений альбита и гумата К/Na с микроэлементами, силипланта оказало положительное влияние на увеличение доли листьев в общей массе растения. При этом растения, имеющие наибольшую массу листьев 90,8-104,5 г сформировались на варианте с обработкой семян альбитом. Следует отметить, что прием предпосевной обработки семян регуляторами роста способствовал увеличению количества листьев на одном растении на 1-3 шт.

Анализ урожайности амаранта в среднем за три года показывает, что изучаемые регуляторы роста и микроудобрения положительно, но в разной степени действовали на формирование урожая листостебельной массы амаранта. Так, лучшим оказался вариант с предпосевной обработкой семян альбитом, урожайность составила 14,82 т/га или на 2,58 т/га (22,0 %) больше, чем в контроле. Аналогичные результаты получены и по урожаю абсолютно сухой массы. Повышение содержания белка в зеленой массе имеет большое практическое значение при использовании овощных форм амаранта в качестве салатной зелени. Содержание сырого протеина в листостебельной массе амаранта в среднем за три года колебалось от 25,13 до 28,26 %.

Изучение влияния регуляторов роста и микроудобрений на семенную продуктивность амаранта показало, что их применение сопровождалось ростом урожая семян амаранта. Максимальный урожай семян амаранта получен в варианте с предпосевной обработкой альбитом. Так, в среднем за три года урожай семян составил 1,45 т/га или на 0,21 т/га (16,9 %) больше, чем в контроле, тогда как на варианте с гуматом калия/натрия с микроэлементами урожай оказался выше контроля на 0,14 т/га (11,2 %).

Экономически эффективным оказалось применение регуляторов роста и микроудобрений при возделывании амаранта на семена. Наибольший условный чистый доход — 35,1 тыс. руб. и самый высокий уровень рентабельности 128,4 % получен в варианте с предпосевной обработкой семян альбитом.

Полученные данные исследований подтверждают высокие потенциальные возможности культуры амаранта метельчатого и перспективность ее возделывания в условиях Среднего Поволжья на семенные, овощные и кормовые цели. Использование в пище белка семян и листьев амаранта позволит сделать питание человека более полноценным и сбалансированным по аминокислотному составу.

Список литературы

- 1. Зуева, Е.А. Интродукция амаранта метельчатого в условиях лесостепи Поволжья / Е.А. Зуева // Сб. мат. конференции профес.-препод. состава и молодых ученых, посвященная 55-летию академии. Пенза, 2006. С. 120-121.
- 2. Кононков, П.Ф. Амарант перспективная культура с повышенным содержанием белка и биологически активных веществ для создания нового поколения пищевых продуктов / П.Ф. Кононков, М.С Гинс., В.К. Гинс, И.М. Котелкин //Нетрадиционные, сельскохозяйственные, лекарственные и декоративные растения. 2006. №1(3). С. 42-43.
- 3. Ничипорович, А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А.А. Ничипорович. М.: АН СССР, 1961. 93 с.
- 4. Технология выращивания и переработки листовой массы амаранта как сырья для пищевой промышленности / П.Ф. Кононков, В.К. Гинс, М.С. Гинс, В.М. Рахимов. М.: РУДН, 2008. 195 с.

УДК 631.854.2: 631.95

ОТХОДЫ ПТИЦЕВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЙ: ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНО И ЭФФЕКТИВНО

- © **Н.П. Чекаев,** Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- © **А.Ю. Кузнецов,** Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- © **Т.А. Власова,** Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- © **Л.Т. Янаева,** Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

POULTRY WASTE AS FERTILIZER: ECOLOGICALLY CLEAN AND EFFICIENTLY

- © N.P. Checkaev, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
- © A.Y. Kuznetsov, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
- © T.A. Vlasova, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
- © L.T. Yanaeva, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)

В статье описывается экологически безопасный способ переработки куриного помета. В результате применения микробиологической ферментации куриного помета было получено удобрение на его основе, характеризующийся более лучшими экологическими и агрохимическими показателями.

Выявлено положительное влияние удобрений на основе куриного помета на запасы элементов питания в черноземе выщелоченном и урожайность культур зернопарового севооборота.

Ключевые слова: переработка отходов, куриный помет, щелочногидрулизуемый азот, подвижный фосфор, обменный калий, урожайность,

This article describes an environmentally safe processing method of chicken manure. As a result of microbial fermentation of chicken manure was obtained a fertilizer on its base with better environmental and agrochemical properties. Revealed the positive effect of chicken manure fertilizers on the reserves of nutrients in the leached chernozem and crop yields of grain-fallow rotation.

Key words: recycling, chicken manure, alkaline hydrolyzable nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium, yield.

Современный уровень развития птицеводческой отрасли и состояние ее сырьевой базы требуют принципиально нового подхода к решению проблемы использования внутренних ресурсов. Сущность этого подхода состоит в создании и внедрении малоотходных и безотходных технологий, позволяющих максимально и комплексно включать в хозяйственный оборот буквально все сырьевые ресурсы, которые постоянно образуются и накапливаются в птицеводческих хозяйствах при производстве основной продукции – яиц и мяса птицы [2].

По многим причинам в разряд опасного отхода птицеводческих хозяйств включен птичий помет. Ежедневное поступление больших количеств пометной массы является наиболее значимым экологическим фактором воздействия на окружающую среду. Несанкционированные зоны хранения помета являются существенным источником не только загрязнения рельефа почв, водоемов и подземных вод, но и причиной возникновения и распространения резкого неприятного запаха, ускоренного роста и развития яиц и личинок гельминтов и мух, множества других микроорганизмов, в которых могут быть возбудители опасных заболеваний [1, 4].

Досадной неизбежностью является непрерывное накопление и хранение помета в пометохранилищах, постоянные штрафные санкции со стороны государственных контролирующих органов, зачастую колоссальный ущерб грунтовым водам и общей экологической обстановке. Как уйти от досадной неизбежности и создать дополнительную статью дохода на птицефабриках? [5]

Превращение отходов в удобрения микробиологическим методом — самый простой путь биоконверсии птичьего помета. В отечественном сельском хозяйстве сложилась парадоксальная ситуация: отходы животноводства являются, чуть ли не основными загрязнителями природной среды, а почвы теряют гумус и катастрофически падает их плодородие [3].

Технологически микробный процесс позволяет перерабатывать отходы в любом количестве в зависимости от производственных мощностей конструкции биоферментеров в разных климатических условиях [3].

Переработка отходов микробным способом создает лучшие условия для качественной и количественной утилизации отходов и обеспечивает более тонкий контроль за санитарным состоянием целевой продукции и технологическим процессом. Эта биотехнология предполагает организацию экологически чистого и энергосберегающего производства. Вся продукция переработанных отходов (в том числе и побочная) имеет практическое применение в земледелии, животноводстве, микробиологической и пищевой промышленности и т. д. [6].

В связи с этим целью исследований является изучение состава птичьего помета образующегося на ООО «Белинская птицефабрика» (Пензенская об-

ласть) и удобрений на их основе, определение его влияние на изменение запасов элементов питания в почве и урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

Исследования проводились в условиях ООО «Белинская птицефабрика» в четырехпольном зернопаровом севообороте (пар чистый — озимая пшеница — ячмень — яровая пшеница по следующей схеме: 1. Без удобрений (контроль); 2. Куриный помет после 4-х месячного хранения (помет) в дозе 20 т/га 1 раз за ротацию; 3. Ферментированный и высушенный помет (пудрет) в дозе 5 т/га 1 раз за ротацию; 4. N60P55K45 в эквивалентных дозах ежегодно.

Куриный помет — полное быстродействующее удобрение, содержащее азот, фосфор и калий в легкодоступной для растений форме (табл. 1).

Для обеззараживания получаемого куриного помета на птицефабриках были проведены исследования по его компостированию. Для этого свежий куриный помет обработали ускорителем ферментации (УФ-1) с добавлением фосфоритной муки и полученную перемешанную массу закрыли полиэтиленовой пленкой для снижения потерь и более быстрого компостирования. Через три недели получили ферментированный помет, который отличался внешне и качественными показателями от свежего. Технология утилизации птичьего помета с помощью ускорителя ферментации УФ-1 разработана в 1997 году, и она хорошо себя зарекомендовала в Татарстане, Чувашии, Тульской и Пермской областях Российской Федерации [5].

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика куриного помета и удоб-

рений на их основе образующихся в ООО «Белинская ПТФ»

No	Показатель	Свежий помет	Ферментированный
п/п			помет
1	рН _{сол} , ед.	8,15-8,52	6,1-7,8
2	Азот (на абс. сух. в-во), %	2,12-2,56	4,0-5,5
3	Р ₂ О ₅ (на абс. сух. в-во), %	3,4-5,4	3,4-3,6
4	K ₂ O (на абс. сух. в-во), %	1,1-2,35	3,3-3,4
5	Влажность, %	68,6-74,0	18-20
6	Зольность, %	24,2-35,7	16,4-20,3
7	CaO + MgO %	1,0-1,24	1,84-1,95

Удобрения на основе куриного помета сочетают в себе положительные свойства и органических и минеральных удобрений. Они экологически чисты и агрономически эффективны. Как и минеральные удобрения, они удобны в работе и сразу повышают урожай, а как органические удобрения улучшают свойства почвы: 2-3 раза усиливают биоактивность прикорневой микрофлоры, повышают содержание гумуса, улучшают водопроницаемость и влагоемкость — и растягивают эти эффекты на несколько лет. Очень существенно, что себестоимость таких удобрений на 2012 г. составляет 3,0 руб./кг — что 3-4 раза дешевле минеральных удобрений и других продуктов переработки отходов животноводства [5].

Как показали исследования, применение куриного помета дозе 20 т/га способствовало увеличению содержания щелочногидролизуемого азота, уже в первый год действия. Содержание щелочногидролизуемого азота увеличилось к 2012 году на 18,1 мг/кг почвы. Последействие куриного помета и прямое действие минеральных удобрений оказало более существенное увеличение содержания подвижных форм азота. На этих вариантах содержание щелочногидролизуемого азота к 2014 году увеличилось по сравнению с исходными

значениями на 27,4–32,9 мг/кг почвы. На контрольном варианте наметилась тенденция к снижению этой формы азота.

Использование куриного помета и минеральных удобрений позволило повысить содержание подвижного фосфора в почве по сравнению с исходными значениями уже на первый год действия. Максимальное количество подвижных форм фосфора увеличилось на варианте, где применяли ферментированный помет. На этом варианте содержание подвижного фосфора увеличилось на 15,0 мг/кг почвы. Применение минеральных удобрений и помета повысило содержание подвижного фосфора на 7,7 и 11,3 мг/кг почвы соответственно.

В последействии куриный помет в дозе 20 т/га увеличил содержание подвижного фосфора на 12,6 мг/кг почвы, и составило в 2014 году 36,2 мг/кг почвы. Минеральные удобрения изменили этот показатель на 15,4 мг/кг, а применение ферментированного помета на 20,0 мг/кг почвы.

Аналогичные изменения наблюдали в калийном режиме чернозема выщелоченного как в прямом действии куриного помета и минеральных удобрений, так и в последействии. Наибольшее увеличение обменного калия наблюдалось при действии ферментированного помета в дозе 5 т/га. Содержание обменного калия на этом варианте изменилось в 2012 году на 12,9 мг/кг, а в 2014 году на 20,8 мг/кг почвы.

На момент уборки культур в 2012 году содержание обменного калия на контрольном варианте по сравнению с 2011 годом снизилось на 2,2 мг/кг почвы, а 2014 году на 4,4 мг/кг почвы. Помет и минеральные удобрения в отдельности повлияли на содержание обменного калия практически одинаково, как при прямом действии, так и последействии.

Исследования выявили положительное действие куриного помета и минеральных удобрений на черноземах выщелоченных ООО «Белинская птицефабрика» на урожайность зерна культур севооборота (таблица 2).

Прибавка урожая зерна озимой пшеницы от прямого действия куриного помета в 2012 году составляла 1,43–1,73 т/га. Максимальная урожайность озимой пшеницы была получена на варианте с пометом 20 т/га и составила 1,73 т/га.

Урожайность ячменя в 2013 году на вариантах, где применяли удобрения колебалась в пределах 2,78–2,92 т/га. Самую высокую урожайность наблюдали на варианте, где применяли минеральные удобрения. Урожайность яровой пшеницы в 2014 году на вариантах, где применяли удобрения, было в интервале 2,25-3,09 т/га и была выше по сравнению с неудобренным вариантом на 0,20-1,02 т/га. Максимальную урожайность наблюдали на варианте с ежегодным внесением минеральных удобрений.

Таблица 2 – Влияние куриного помета и минеральных удобрений на

урожайность культур севооборота, т/га

Варианты опыта	Урожайность зерна культур севооборота, т/га					
	Озимая пше-	Ячмень	Яровая пшени-			
	ница	2013 г.	ца			
	2012 г.		2014 г.			
1. Без удобрений (контроль)	2,04	1,85	2,07			
2. Помет 20 т/га 1 раз за ротацию	3,77	2,78	2,25			
3. Ферментированный помет 5 т/га 1 раз	3,47	2,82	2,45			
за ротацию						
4. N60P55K45 ежегодно	3,18	2,92	3,09			
НСР	0,57	0,53	0,33			

Таким образом, удобрения из куриного помета и минеральные удобрения, изменяя запасы элементов питания в черноземе выщелоченном, существенно увеличивали урожайность сельскохозяйственных культур. Использование куриного помета оказывало положительное влияние на увеличение урожайность сельскохозяйственных культур, как в прямом действии, так и в последействии.

Список литературы

- 1. Дабахова, Е.В. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистых почв после применения птичьего помёта / Е.В. Дабахова, Н.А. Сорокина, В.И. Титова // Агрохимический вестник. 2003. № 2. С. 24-25.
- 2. Дабахова, В.И. Урожайность и качество кормовых культур при высоких дозах птичьего помёта / В.И. Дабахова // Плодородие. 2004. №6(21). С. 17-19.
- 3. Лысенко, В.П. Из птичьего помёта можно получить высококачественные удобрения / В.П. Лысенко, А.Ю. Семенцов // Земледелие. 2002. №5. С. 29-30.
- 4. Мингалёв, С.К. Эффективность куриного помёта при удобрении сельскохозяйственных культур / С.К. Мингалёв, В.Р. Лаптев, А.В. Абрамчук, О.В. Овсянникова // Аграрная наука. — 2000. — №8. — С. 17-18.
- 5. Чекаев Н.П. Агроэкологическая оценка применения куриного помета в качестве удобрения // Плодородие. 2009. N_2 3(48). C.13—15.
- 6. Чекаев, Н.П. Эффективная утилизация птичьего помета в качестве удобрений / Н.П. Чекаев // сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции «Региональные проблемы развития малого агробизнеса» / МНИЦ ПГСХА. Пенза: РИО ПГСХА, 2014. 105–110.

УДК 631:631.9:631.95

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО ФОСФОГИПСА В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

- © **М.Ю.** Локтионов, OAO «Минерально-химическая компания «ЕвроХим» (г. Краснодар, Россия)
- © **И.А.Шильников,** ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
 - © **А.Х. Шеуджен,** ГНУ ВНИИ риса (г. Краснодар, Россия)
 - © **Н.И. Аканова,** ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
- © **С.Ю. Ефремова**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ECOLOGICAL AND AGRO-ECONOMIC EFFECTIVENESS OF THE APPLICATION OF THE NEUTRALIZED PHOSPHOGYPSUM IN THE AGRICULTURE

© M.U. Loktionov, Mineral-Chemical Company "Evrohim" (Krasnodar, Russia) © I.A. Shilnikov, SSI All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia) © A. Kh. Sheudzhen, SSI All-Russian Rice Research Institute (Krasnodar, Russia) © N.I. Akanova, SSI All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)

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

Приведены результаты стационарных полевых опытов по исследованию влияния нейтрализованного фосфогипса на плодородие лугово-чернозёмных почв, продуктивность риса и качество его зерна. Выявлена экологическая безопасность и высокая агрономическая эффективность применения мелиоранта.

Ключевые слова: фосфогипс, плодородие почв, рис, урожай, зерно, тяжелые металлы, кальций, фосфор.

The results of stationary field experiences on a study of the influence of the neutralized phosphogypsum on the fertility of meadow- chernozem soils, the productivity of rice and the quality of its grain are given. Is revealed ecological safety and high agricultural effectiveness of the application of melioranta.

Key words: phosphogypsum, the fertility of soils, fig, harvest, grain, heavy metals, calcium, phosphorus

Экологически безопасное применение побочных продуктов производства минеральных удобрений тесно связано с проблемой рационального использования природных ресурсов. При этом решается комплекс задач: максимально возможное использование сырьевых ресурсов, улучшение экологической обстановки, повышение плодородия почв и продуктивности растений. Одним из таких продуктов является нейтрализованный фосфогипс ($\Phi\Gamma$) применение которого повышает урожайность различных по биологическим особенностям растений, существенно улучшает физико-химические свойства, водно-воздушный и пищевой режимы почв. Однако $\Phi\Gamma$ имеет ряд недостатков, главные из которых — содержание нежелательных примесей, в том числе, фтора и стронция.

 $\Phi\Gamma$ исследован, как химический мелиорант и источник серного питания растений [1-6]. Фосфогипс нейтрализованный — новый продукт и его агроэкологическая оценка только начинается [7-13]. В нейтрализованном фосфогипсе избыточная кислотность характерная для обычного фосфогипса устранена и его реакция доведена до слабощелочного уровня.

Мировое производство фосфорных удобрений составляет около 200 млн.т в год. Сырьём для их производства служат апатиты или фосфориты, которые имеют высокое соотношение кальция к фосфору, что и обусловливает при методе их кислотной переработки образование огромных количеств $\Phi\Gamma$. При получении 1т фосфорной кислоты образуется 3,6-6,2 т $\Phi\Gamma$. Мировой годовой выход $\Phi\Gamma$ составляет более 150 млн.т, на долю России приходится около 14 млн.т, и он практически весь направляется на хранение в отвалы.

Основа $\Phi\Gamma$ — более 94% $CaSO_4$. В его составе в качестве примесей присутствуют остатки фосфатов, остатки фосфорной кислоты (2-4%, в том числе до 1,5% водорастворимой), полуторных оксидов, соединений кремния, микропримесей редкоземельных элементов. $\Phi\Gamma$ может применяться в земледелии страны, как химический мелиорант для устранения засолённости почвы. По сведениям МСХ РФ только в Северокавказском экономическом районе выявлено 3272,6 тыс.га или 15% засоленных почв. Запасы $\Phi\Gamma$ в Краснодарском крае, составляющие более 4,5 млн.тонн, занимают обширную площадь и требуют значительных затрат на их содержание. К сожалению, опыт утилизации $\Phi\Gamma$ в сельском хозяйстве не нашёл широкого применения.

Цель исследований состояла в разработке методов рационального использования нейтрализованного фосфогипса для повышения плодородия почв и получения экологически безопасной продукции растениеводства. Объектом исследования были лугово-чернозёмные почвы, сформированные преимущественно на тяжёлых аллювиальных отложениях. Почва средне обеспеченная подвижными формами азота и фосфора; содержание обменного калия повышенное; содержание гумуса (по Тюрину) в пахотном слое – 2,85%, подвижного фосфора и обменного калия (по Мачигину) соответственно 54,8 мг/кг и 328,5 мг/кг; рНсол.=5,8; рНвод.=6,2; количество обменного кальция— 34,6 мг-экв/100г. почвы. Содержание гумуса постепенно снижается вниз по профилю. Исследования проводились на рисе (предшественник — многолетние травы), в двух полевых опытах.

Опыт 1. Оптимизация доз и способов внесения нейтрализованного $\Phi\Gamma$ в рисовых севооборотах. Схема опыта включала 5 вариантов (табл. 1). $\Phi\Gamma$ вносили перед посевом в дозах 0, 1.5, 3.0, 5.0 т/га.

Опыт 2. Агроэкологическая оценка эффективности нейтрализованного ФГ в рисовых севооборотах как химического мелиоранта и фосфорного удобрения. Схема опыта включала 6 вариантов (табл. 1).

Гаолица I – Схема опытов	
Опыт 1	Опыт 2
1. Контроль (б/удоб.)	1. Контроль (б/удоб.)
2. N120Р90К60-фон	2. N120K60
 Фон+фосфогипс (ФГ), 1,5т/га 	3. N120P90K60
4. Фон+ФГ, 3т/га	 Фосфогипс, 3т/га (ΦΓ)
5. Фон+ФГ, 5т/га	5. N120K60+ ΦΓ, 3τ/га
	6. N120Р90К60+ ФГ, 3т/га

Таблица 1 – Схема опытов

Опыты заложены в 4-хкратной повторности. В обоих опытах ФГ вносили перед посевом поверхностно с дальнейшей заделкой в почву на глубину 10-15 см. Азотные удобрения вносили дробно: 60% — как основное удобрение и 40% — при подкормках в фазу кущения.

Возделывание риса в опытах проводили в соответствии с рекомендациями ВНИИ риса. Фенологические наблюдения за посевами и биометрический анализ растений проводили по общепринятой методике [14]. В течение вегетации растений определяли: площадь листьев и чистую продуктивность фотосинтеза [15]; содержание общего азота, фосфора, калия и кальция в растениях [16-17].

В почвенных образцах определяли: Ca2+ и Mg2+ – трилонометрически; обменный натрий в почвах [17]; рН–по ГОСТ 26483-85; подвижные соединения фосфора и обменного калия методом Мачигина – ГОСТ 26205-91; органическое вещество (гумус) по Тюрину– ГОСТ 26213-91; тяжёлые металлы– по МУ МСХ РФ от 10.03.92г. Результаты исследований были обработаны математикостатистическими методами [18].

Массовая доля основного вещества ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) в пересчёте на сухой дигидрат составляет 92-94%. Наибольшее содержание представлено элементами: SiO_2 , CaO и S (табл. 2). Содержание фосфора (1,5-4,0% P_2O_5) может иметь значение при использовании фосфогипса в высоких дозах, особенно при химической мелиорации солонцов. Значение серы, содержащейся в фосфогипсе, как

источника улучшения питания растений этим элементом, доказано результатами полевых опытов [1-5].

Таблица 2 – Химический состав фосфогипса (в среднем из 40 проб, %

воздушно-сухой массы)

Элемент	Содержание	Элемент	Содержание	Элемент	Содержание
MgO	0,025	Sr	0,46	Al2O3	0,070
SiO2	20,98	Ba	0,021	V	<0,001
CaO	37,12	Cr	<0,001	Y	0,0014
Sобщая	21,5	Mn	0,001	Zr	0,0075
K2O	<0,001	TiO2	0,007	La	0,02
Робщ.(Р2О5)	3,2	Cu	0,0008	СІобщий	<0,001
Ce (CeO2)	0,11			углерод общ.	0,41

Определение содержания ТМ в фосфогипсе показало: более высокое содержание характерно для свинца, а наименьшее — для кадмия, образуя убывающий ряд: Pb>Cu>Zn>Ni>Co>Cr>Cd (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание ТМ и фтора в пробах фосфогипса, мг/кг

	2010 год			в пробах фо 2 год		из 40 проб
Элемент		среднее	из 20 проб			
	валовое	подвижных форм	валовое	подвижных форм	валовое	подвижных форм
Pb	37,6±9,3	0,9±0,08	26,3±12,3	0,7±0,11	31,9±11,3	0,8±0,1
Cd	2,0±0,11	0,0005	2,7±0,09	0,0006	2,35±0,10	0,0005
Cu	27,9±1,23	1,15±0,12	25,0±2,74	1,25±0,14	26,5±1,98	1,20±0,13
Zn	16,8±2,41	1,24±0,11	7,2±2,31	1,45±0,22	12,0±2,36	1,35±0,17
Cr	4,2±0,25	1,52±0,21	2,6±0,56	1,26±0,23	3,4±0,41	1,39±0,22
Со	4,5±0,68	0,42±0,09	3,0±1,32	0,29±0,11	3,75±1,00	0,36±0,10
Ni	6,5±0,22	0,40±0,13	8,6±1,14	0,52±0,19	7,55±0,68	0,46±0,16
Mn	15,4±0,81	4,45±0,31	17,1±3,12	4,62±0,62	16,5±1,96	4,54±0,47
F	1900±93	290±23	2080±24	320±43	1990±52	305±33

Сравнительный анализ состава отечественных и зарубежных фосфоритов показал, что ковдорские характеризуются более низким содержанием примесей As, Cd, Pb, Ni, Zn, Cu, Hg, Cr, невысоким содержанием F (до 1,2%). При оценке возможного загрязнения окружающей среды в случае использования ФГ необходимо учитывать, что большая часть ТМ, содержащихся в фосфатном сырье, при его переработке переходит в минеральные удобрения. ФГ содержит около 0,47% общего фтора. Содержание водорастворимых фторидов колеблется в широком интервале от очень малых величин – 0,0016-0,0042% до 0,02%.

Отличительной особенностью нейтрализованного фосфогипса является низкое содержание стабильного стронция — 0,46%. При таком содержании этого элемента, внесённого с фосфогипсом в почву даже в максимальных дозах мелиоранта 10-15 т/га, соотношение Ca:Sr в почве существенно не меняется, что является фактором экологической безопасности применения мелиоранта, а значит и гарантией отсутствия токсичности стронция и избыточного его накопления в растительной продукции.

Уровень радиоактивности $\Phi\Gamma$ ниже естественного фонового уровня в районе проведения исследований. Эффективная удельная активность (Аэфф.) природных радионуклидов составляет 60-90 Бк/кг, следовательно, $\Phi\Gamma$ по радиологической характеристике может быть использован без ограничений (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание радиоактивных элементов в фосфогипсе

тиолици т содержиние ридноиктивных элементов в фосфотинее									
Показатели	Эф	Эффективная удельная активность, Бк/кг							
Tionasaresini	Ra-226 Th-232 K-40 Аэфф								
Среднее из 50 проб	48-52±8,0	12-15±7,0	83-89±21	60-90					

Результаты исследований влияния фосфогипса в сочетании с минеральными удобрениями на физико-механические свойства почвы и фосфатный режим показали, что объёмная масса лугово-чернозёмной почвы пахотного горизонта составляла 1,19-1,27 г/см³. С глубиной величина показателя возрастала, и в слое почвенного профиля на глубине 60-80 см составляла 1,38-1,46 г/см³, плотность почвы изменялась от рыхлой и уплотнённой в верхних горизонтах до плотной в нижней части профиля.

При анализе полевой влажности почвы было определено, что при внесении $\Phi\Gamma$ влажность почвенной пробы была достоверно выше в сравнении с контролем и фоновым вариантом в среднем на 5,7-6,5%. Этот факт свидетельствует о том, что фосфогипс способствует увеличению агрегированности почвы и более длительному удержанию влаги.

Выявлено, что преобладающей фракцией лугово-чернозёмной почвы является физическая глина (частицы <0,01 мм), содержание которой в пределах профиля колеблется от 32 до 50% (табл. 5). Установлено достоверное увеличение содержания мелкодисперсной фракции (<0,005 мм) почвы, способствующей образованию макро- и микроагрегатов в варианте $N_{120}P_{90}K_{60}+\Phi\Gamma$, $3\tau/\Gamma a''$ в сравнении с контролем 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. Отмечено изменение отношения почвенных фракций <0,005 мм к фракции >0,005 мм: при внесении $\Phi\Gamma$ этот показатель увеличивается в слое 0-20 см с 0,47 на контрольном варианте до 0,56 в варианте Φ он + $\Phi\Gamma$, $3\tau/\Gamma a''$.

Таблица 5 – Влияние фосфогипса на гранулометрический состав луговочернозёмной почвы

		Содержание фракций, % (на абсол. сухую почву)									
Варианты опыта,			Фракции	Сумма фракций, мм		Отношение фракций <0,005мм					
слой почвы,см	1- 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001	<0,005	>0,005	к фракции >0,005 мм		
	I		K	онтроль	(без/удоб	рений)					
0-20	3,9	39,91	23,38	1,23	11,28	20,90	32,18	67,82	0,47		
20-40	6,1	37,59	24,44	2,34	9,82	19,71	29,51	70,49	0,42		
40-70	6,2	32,64	31,76	3,87	8,56	16,97	25,53	74,47	0,34		
			Фон (М	IPK) + фо	осфогипс	в дозе 3 т/	га				
0-20	2,8	36,89	23,23	1,19	14,85	21,04	35,89	64,11	0,56		
20-40	5,4	25,45	29,38	2,97	11,52	25,28	36,8	63,2	0,58		
40-70	6,1	33,71	26,84	3,12	10,15	20,08	30,23	69,77	0,43		

Исследование гранулометрического состава $\Phi\Gamma$ показало, что на долю частиц <0,25 мм приходится 64-75%, <0,1 мм – 30-36%. Удельная поверхность $\Phi\Gamma$ 3100-3600 см2/г, что при его внесении способствует образованию в почве агрегатов размером < 2 мм, а с мелкодисперсными частицами образуются достаточно прочные микроагрегаты. Это обусловливает уменьшение плотности, улучшение аэрации почвы, увеличение порозности, влагоудержания и более экономный расход почвенной влаги.

При внесении фосфогипса в опыте наметилась устойчивая тенденция увеличения количества подвижных фосфатов к началу кущения: концентрация фосфатов в вариантах без внесения ФГ на контроле и варианте NK составляла 64,5-65,6 мг/кг, а на фоне полного минерального удобрения - 73,5 мг/кг. В фазу кущения отмечается некоторое снижение количества фосфатов в почве на этих вариантах, что может быть следствием активного роста растений и поглощения ими фосфора (табл. 6).

Таблица 6 – Содержание подвижных фосфатов в почве по фазам разви-

тия растений риса при внесении фосфогипса

		Фаза развития растений							
Варианты опыта	до всходы		кущение	выметы-	полная				
Dupinantisi onsita	посева		пущение	вание	спелость				
		содержани	ие подвижного	о фосфора, мг	/кг				
Контроль (б/удоб.)	60,5	63,0	61,2	67,0	62,1				
N120K60	60,3	64,5	61,3	69,0	62,8				
N120P90K60	60,8	73,5	69,9	74,5	67,0				
ΦΓ, 3т/га	59,4	63,9	62,2	71,5	65,0				
N120K60+ ФГ, 3т/га	60,3	65,4	65,2	73,7	65,9				
N120Р90К60+ ФГ, 3т/га	59,6	69,9	75,0	74,9	73,6				
HCP05		2,1	1,8	3,2	2,4				

Использование $\Phi\Gamma$ оказало влияние на качественный состав гумуса: за 3 года проведения опыта в пахотном слое увеличилась доля гуминовых кислот, а также содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием. Прирост содержания гумуса в почве с внесением фосфогипса 3-5 т/га в среднем за 3 года составил 0,2%, $N_{\text{общ}}$ на 0,08%, обменного Ca^{2+} на 12-14%. Применение $\Phi\Gamma$ благоприятствует биологической активности почвы: повышается количество микроорганизмов, использующих органические формы азота на 9-11% и ассимилирующих минеральный азот на 7-9%, увеличивается популяция актиномицетов (на 9,5-11%) и целлюлозоразрушающих бактерий (на 14,5-16,5%), а также азотобактера, усиливается ферментативная активность почвы (активность каталазы и фосфатазы), интенсивнее идет разложение органического вещества, улучшается качественный состав гумуса: за 3 года исследований в пахотном слое увеличилась доля гуминовых кислот и гуминовых кислот, связанных с кальцием.

Уже в 1-ый год действия ФГ изменяет уровень кислотности среды (табл. 7). Вниз по профилю уровень реакции сдвигается в слабощелочную сторону, что вполне благоприятно для роста и развития растений риса. Исследуемые почвы характеризуются высоким содержанием поглощенных оснований. В слое 0-20 см на контроле их сумма достигает 25,7 мг-экв/100г, на долю кальция приходится 79% в верхнем горизонте почвы. При внесении ФГ в дозе 3,0 т/га сумма оснований увеличивается до 28,72 мг-экв/100г почвы, а доля кальция возрастает до 87%. С увеличением дозы ФГ до 5,0 т/га эти показатели увеличиваются соответственно до 30,1 мг-экв/100г почвы и 89,9%.

Таблица 7 – Влияние $\Phi\Gamma$ на кислотно-основные свойства почвы (опыт 1)

т иолици /		Показатели								
Вариант	Слой		содержание, мг-экв/100 г почвы							
опыта	почвы,	рН	Ca		Mg	Na				
	СМ	рп	в сре,	днем за 3	года	%, ± к контролю				
Контроль,	0-20	5,80	22,83	2,89	3,2	_				
б/удобрений	20-40	5,95	19,13	3,15	3,6	_				
N120P60K60 – фон	0-20	5,70	21,91	2,79	2,9	-10,0				
	20-40	5,87	20,73	2,87	3,3					
Фон+ФГ, 1,5 т/га	0-20	6,03	23,58	2,45	2,1	-34,3				
Фон+Ф1, 1,5 1/1а	20-40	6,21	21,37	2,61	4,1					
Фон+ФГ, 3,0 т/га	0-20	6,06	24,97	1,95	1,8	-43,7				
Φ0Η+Φ1, 3,0 1/1α	20-40	6,50	22,05	2,15	4,3					
Φ	0-20	6,02	27,10	1,74	1,3	-59,4				
Фон+ФГ, 5,0 т/га	20-40	6,41	23,54	1,99	4,8	_				
HCP05		0,15	1,73	0,5	0,5	_				

Максимальное содержание кальция обнаруживается в слое почвы 60-80 см, а магния — на глубине 120-150 см. С увеличением дозы $\Phi\Gamma$ возрастают потери элементов: при дозе 5,0 т/га содержание магния в слое 120-150 см дохо-

дило до 7,23 мг-экв/100г. Поступление в почву кальция с $\Phi\Gamma$ обеспечивает стабилизацию кальциевого режима.

Применение $\Phi\Gamma$ как отдельно, так и в сочетании с минеральными удобрениями увеличивало ёмкость поглощения на 4,6-9,2%. Аналогичным образом, только с большей интенсивностью, величина показателя изменялась в подпахотном горизонте 20-40 см (табл.8).

Таблица 8 – Изменение ёмкости поглощения в условиях применения

нейтрализованного фосфогипса (опыт 1)

	Ёмкость поглощения							
Варианты опыта	МГ-ЭК	в/100г	+/- к контролю, %					
	0-20 см	20-40 см	0-20см	20-40 см				
Контроль (б/удоб.)	30,9	35,8	_	_				
N120Р90К60-фон	31,9	37,0	3,2	3,4				
Фон+ФГ, 1,5т/га	32,0	37,5	3,6	4,8				
Фон+ФГ, 3 т/га	32,7	38,9	5,8	8,7				
Фон+ФГ, 5т/га	32,9	38,2	6,5	6,7				
HCP05	1,2	1,4						

Применение $\Phi\Gamma$ положительно повлияло на рост и развитие растений риса: отмечено увеличение высоты растений на 3,0-5,8 см, в среднем за 3 года с 89,7 см на контроле до 95,5 см на фоне дозы 3,0 т/га, количества корней — на 11,0-14,0 шт./раст., увеличение кустистости и числа колосков в среднем на 162-206 шт./10 растений. Наибольшие величины показателей наблюдались в варианте с внесением $\Phi\Gamma$ в дозе 3,0 т/га, в том числе масса 1000 зерен увеличилась до 31,4 г что обусловило повышение урожая зерна риса (табл. 9).

Таблица 9 – Влияние ФГ на формирование структуры урожая риса (в

среднем за 3 года, опыт 1)

		а стояния, т/м2		Число	П	Пусто	
Варианты опыта	всхо- ды	перед уборкой	Выживае- мость рас- тений, %	продук- тивных стеблей, шт/м2	Длина ме- тёлки, см	Пусто- зёр- ность, %	
Контроль (б/удоб.)	226	150	66,4	199	12,9	14,9	
N120Р90К60-фон	239	191	79,9	343	13,6	17,0	
Φ он + Φ Г, 1,5т/га	238	183	77,0	361	13,5	16,4	
ΦoH + $Φ$ Γ, 3 τ/ $Γ$ a	241	196	81,3	387	13,7	17,4	
ΦoH + $Φ$ Γ, 5 T/ $Γ$ a	243	191	78,6	381	13,6	17,7	
HCP05	9,0	13,0	7,3	21,0	0,3	1,1	

Применение $\Phi\Gamma$ обеспечило увеличение густоты стояния в фазе всходов на фоне различных доз $\Phi\Gamma$ на 5,3-7,5%, числа продуктивных стеблей — на 81,4-94,5% (табл. 9), что обеспечило формирование большего урожая, который возрастал в среднем на 1,8-5,0 ц/га (табл. 10). Наибольший эффект достигался при внесении $\Phi\Gamma$ в дозе 3,0 т/га.

Таблица 10 – Влияние фосфогипса на формирование урожайности риса (в среднем за 3 года, опыт 1)

(в среднем за 5 года, опыт т)									
Варианты опыта	Масса, г		Урожай	Прибавка урожая					
	зерна с главной		зерна	к контролю	от фосфогипса				
	метёлки	зерен	ц/га						
Контроль (б/удоб)	2,9	30,4	41,3	-	_				
N120Р90К60-фон	3,2	31,5	58,4	17,1	_				
Фон +ФГ, 1,5т/га	3,3	31,2	60,2	18,9	1,8				
Фон+ФГ, 3т/га	3,5	31,4	63,4	22,1	5,0				
Фон+ФГ, 5т/га	3,4	31,4	63,2	21,9	4,8				
HCP05	0,5	1,1	3,1						

Внесение $\Phi\Gamma$ в сочетании с минеральными удобрениями обеспечило прибавку урожая зерна риса 22,1 ц/га (табл. 11). Оптимальным был вариант "N120K60+ $\Phi\Gamma$, 3т/га". Его результаты свидетельствуют о высокой эффективности $\Phi\Gamma$ в качестве источника фосфора для питания растений риса.

Таблица 11 – Зависимость урожая риса от условий применения ФГ (опыт 2)

(OHBIT 2)									
		Приб	бавка	Показатели качества зерна					
Варианты опыта	Уро- жай,	% к кон-	OT doodoo	содер- жание	тре- щино-	выход крупы			
Варианты опыта	жай, ц/га	тролю	фосфо- гипса	белка	ва-	целого ядра	дроб- лёнки		
					тость,	идра	ленки		
					%				
Контроль (б/удоб)	41,3	-	_	7,1	28	75,3	24,7		
N120K60	56,4	36,5	_	7,4	24	76,0	24,0		
N120P90K60	58,4	41,4	_	7,5	20	79,0	21,0		
ФΓ, 3т/га	45,5	10,2	4,2	7,1	25	75,8	24,2		
N120К60+ ФГ, 3т/га	63,4	53,5	7,0	7,2	25	76,8	23,2		
N120Р90К60+ΦΓ,	63,4	53,5	5,0	7,3	26	79,9	20,1		
3т/га									
HCP05	1,6			0,15	2,0	2,0			

Применение $\Phi\Gamma$ в сочетании с минеральными удобрениями обеспечило достоверное увеличение белковости зерна – с 7,1 до 7,3% и снижение трещиноватости 28 до 25%. Общий выход крупы по вариантам варьировал от 70,8 до 71,5%.

Внесение $\Phi\Gamma$ на разных по уровню плодородия почвах обеспечивает увеличение продуктивности кукурузы, сахарной свеклы, сои и подсолнечника. При возделывании озимой пшеницы использование $\Phi\Gamma$ способствовало увеличению продуктивной кустистости и массы 1000 зерен, что приводило к увеличению в зависимости от предшественника прибавки урожая зерна на 2,4-3,9 ц/га, а после кукурузы на 8-11,5 ц/га.

Экологический прогноз не выявил потенциального загрязнения окружающей среды в условиях применения $\Phi\Gamma$. Валовое содержание фтора в изучаемых почвах колеблется от 115 до 148 мг/кг. При внесении 3,0 т/га $\Phi\Gamma$ не выявлено повышения содержания подвижного фтора в почве, в верхнем горизонте его содержание практически не отличалось от контрольного варианта и фонового содержания в почвах района и составляло 0,73-0,87 мг/кг почвы (при HCP₀₅=0,27), что не превышает уровня допустимых пределов ПДК. Анализ распределения водорастворимого фтора по профилю почв свидетельствует о том, что фтор практиче-

ски не мигрировал. На 3-ий год опыта происходило снижение концентрации F до 0,5-0,6 мг/кг, что означает его прочное связывание.

Исследования показали, что в почве рисовых севооборотов содержание ТМ находилось в пределах естественного фона, достоверного увеличения их концентрации при внесении 3,0 т/га $\Phi\Gamma$ не выявлено, что вполне укладывается в экологический регламент (табл. 12). Содержание и доля подвижных форм ТМ после внесения $\Phi\Gamma$ не превышает значений ПДК, следовательно, не представляет угрозы для растений.

Оценка качества зерна обнаружила "следовые количества" фтора, достоверной разницы по вариантам опыта не обнаружено. В соломе риса содержание фтора было существенно выше — на уровне 1,68-1,75 мг/кг, но и здесь различия значимых пределов не достигли. Анализ зерна риса также не выявил достоверного увеличения тяжелых металлов, качество зерна соответствовало санитарногигиеническим требованиям СанПин 2.3.3.1078-01 (табл. 13).

Таблица 12 – Влияние фосфогипса на содержание тяжёлых металлов в

лугово-чернозёмной почве

Варианты										
опыта	Zn	Cd	Pb	Hg	Cu	Co	Ni	Mn		
Валовое содержание, мг/кг										
Контроль	68,0±2	0,18±0,0	16,2±0,	$0,09\pm0,00$	18,0±2,	11,1±2,	38,0±2,	492±		
(б/удоб.)	,1	5	2	9	4	4	3	22,0		
Фосфогипс,	67,0±2	0,16±0,0	15,5±0,	0,07±0,02	20,0±1,	10,3±3,	36,0±3,	484±		
3т/га	,4	7	3	3	6	0	3	31,0		
N120P90K6	70,2±4	$0,16\pm0,0$	16,2±0,	$0,08\pm0,01$	20,4±2,	12,1±1,	39,0±1,	496±		
0+ ΦΓ,	,3	9	2	1	0	9	9	18,9		
3т/га										
нср05	11,5	0,04	1,51	0,032	3,4	1,5	4,2	44,2		
ПДК	100	3,0	32,0	2,1	55,0	50	85,0	1500		
		Содерж	сание подв	ижных форм	тМ, мг/кі					
Контроль	1,49	0,06	0,7	0,0034	1,45	0,26	2,66	42,0		
(б/удоб)										
Фосфо-	1,61	0,05	1,1	0,0045	0,95	0,19	2,13	36,5		
гипс, 3т/га										
N120P90K	1,55	0,07	0,9	0,0037	1,28	0,31	2,74	39,8		
60+ ФГ,										
3т/га										
нср05	0,92	0,04	0,8	0,002	0,24	0,37	0,92	6,76		
ПДК	23,0	1,0	6,0	0,1	3,0	5,0	4,0	400		

Таблица 13 – Содержание элементов в зерне риса, мг/кг

		Содержание, мг/кг								Соотноше-
Варианты опы-	Ni	Mn	Cu	Zn	Pb	Cd	Co	Ca	Sr	ние
та										Ca/Sr
Контроль,	0,06	19,3	4,7	28,7	0,33	0,036	0,06	561	3,2	175
б/удобр.										
N120P90K60	0,07	21,3	4,9	27,9	0,41	0,029	0,06	571	3,2	178
ФΓ, 3т/га	0,05	20,4	5,0	29,2	0,36	0,032	0,07	592	3,3	179
N120Р90К60+Ф	0,06	22,0	5,1	29,1	0,34	0,038	0,07	588	3,3	178
Г, 3т/га										
НСР05, мг/кг	0,05	3,2	0,61	2,3	0,2	0,017	0,03	59,0	0,54	

Соотношение Ca:Sr в фосфогипсе в пределах 75-85:1, что свидетельствует о его экологической безопасности, в почве оно составляло 157-149:1 и не было выявлено достоверной разницы в сравнении с контрольным вариантом. Поэтому загрязнение почвы стронцием при внесении 3,0 т/га фосфогипса маловероятно.

При использовании $\Phi\Gamma$ в рисовых севооборотах не выявлено загрязнения оросительных вод, превышающего пределы допустимых концентраций, соотношение Ca/Sr, играющего основную роль при оценке токсического действия стронция, находится в диапазоне 156-215:1.

Таким образом, один из перспективных путей – реализация концепции "фосфатное сырьё – побочный продукт – химический мелиорант и/или минеральное удобрение – почва – растение – урожай" позволит решить крупную народно-хозяйственную задачу, заключающуюся в создании безотходного производства с более полным использованием питательных веществ растениями. Применение ФГ экологически безопасно, повышает плодородие почв, урожай сельскохозяйственных культур и улучшает качество растительной продукции. Ориентировочная зона применения в земледелии Российской Федерации составляет 15-20 млн. га.

ВЫВОДЫ

- 1. Нейтрализованный фосфогипс является эффективным химическим мелиорантом, повышающим плодородие лугово-чернозёмных почв и улучшающим питание растений на рисовых системах Кубани.
- 2. Применение на лугово-чернозёмных почвах фосфогипса выполняет важнейшую экологическую функцию, способствуя решению проблемы утилизации отхода, представляющего угрозу загрязнения природной среды краевого масштаба.
- 3. Внесение фосфогипса в рисовом севообороте обеспечивает улучшение условий прорастания семян, роста и развития растений риса: увеличивается количество корней на 11,0-14,0 шт./раст., продуктивная кустистость, число колосков в среднем на 162-206 шт./10 растений, масса 1000 зерен на 1,4 г. Среднегодовая прибавка урожая зерна риса составила, ц/га: на неудобренном фоне 4,2, а на фонах NK и NPK 7 и 5 ц/га соответственно.
- 4. Применение фосфогипса обеспечивает увеличение содержания белка в зерне риса на 0,3% и снижение трещиноватости.
- 5. При внесении фосфогипса изменяется состав поглощенных оснований лугово-чернозёмной почвы и увеличивается их сумма: при дозе 3,0 т/га с 25,7 до 28,7 мг-экв/100г почвы, доля кальция с 79% до 87%. С увеличением дозы мелиоранта до 5,0 т/га эти показатели увеличиваются соответственно до 30,1 мг-экв/100г почвы и 89,9%.
- 6. Внесение фосфогипса улучшает физико-химические, агрофизические и агрохимические свойства, играя почвозащитную роль препятствует развитию деградационных процессов потере лугово-чернозёмными почвами плодородия; повышает содержание питательных элементов, компенсирует потери кальция и фосфора, тем самым выполняет экологическую функцию. При внесении фосфогипса увеличивается содержание мелкодисперсной фракции (<0,005 мм) почвы, способствующей образованию макро- и микроагрегатов, на фоне дозы 3 т/га отношение почвенных фракций <0,005 мм к фракции >0,005 мм увеличивается с 0,47 до 0,56. Установлено положительное влияние по удержанию влаги в почве, показатель влажности почвы на фоне внесения фосфогипса выше в среднем на 5,7-6,5%.

7. Применение фосфогипса не привело к превышению ПДК по содержанию тяжёлых металлов и фтора в почве, оросительных водах и зерне риса. Соотношение Ca:Sr в сельскохозяйственной продукции, почве и оросительных водах находилось на безопасном уровне.

Список литературы

- 1. Шкель М.П. Применение серосодержащих удобрений. Минск: Уроджай, 1979, 62 с.
- 2. Шугля 3.М. Выявление потребности растений в сере и эффективность фосфогипса на дерново-подзолистых почвах БССР // Автореф. канд. дисс.—Жодино, 1969, 20 с.
- 3. Зинковская Т.С. Влияние совместного применения фосфоритной муки и фосфогипса на кислых почвах // В кн. "Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства" Краснодар, 2010, с. 161-163.
- 4. Байбеков Р.Ф., Шильников И.А., Аканова Н.И. и др. Научно-практические рекомендации по применению фосфогипса в качестве химического мелиоранта и серного удобрения. М.:ВНИИА, 2012, 43 с.
- 5. Мельник О.А., Славгорская Д.А. Влияние отходов промышленности и сельского хозяйства на продуктивность растений и качество их урожая // Экологический Вестник Северного Кавказа, 2010, Т.6, №4, с. 30-33.
- 6. Локтионов М.Ю. Экологические аспекты применения нейтрализованного фосфогипса на лугово-чернозёмной почве в сельскохозяйственном производстве Краснодарского края // Автореф. канд. дисс. М., 2013, 26 с.
- 7. Кизинёк С.В. Пути повышения эффективности агрохимических средств в рисоводстве // Автореф. докт. дисс. М., 2013, 50 с.
- 8. Кремзин Н.М. Удобрение и химическая мелиорация солонцовых почв Кубани, используемых под рис // Автореф. канд. дисс.— М., 1990, 23 с.
- 9. Шкель М.П. Применение серосодержащих удобрений. Минск: Уроджай, 1979, 62 с.
- 10. Шугля 3.М. Выявление потребности растений в сере и эффективность фосфогипса на дерново-подзолистых суглинистых почвах западной части БССР // Автореф. канд. дисс.— Жодино, 1969, 20 с.
- 11. Зинковская Т.С. Влияние совместного применения фосфоритной муки и фосфогипса на кислых почвах // В кн. "Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства" Краснодар, 2010, с. 161-163.
- 12. Окорков В.В. Перспективы и пути использования фосфогипса на кислых почвах // В кн. "Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства"— Краснодар, 2010, с.156-161.
- 13. Кизинёк С.В., Локтионов М.Ю. Эффективность различных форм кальцийсодержащих удобрений на рисовых полях Кубани // Агрохимический вестник, 2012, №6, с. 19-21.
- 14. Харитонов Е.Н., Шеуджен А.Х., Паращенко В.Н., Кизинёк С.В., Локтионов М.Ю. Использование фосфогипса в рисоводстве. Методические рекомендаиии. — Краснодар, 2012, 24 с.
- 15. Куркаев В.Т., Шеуджен А.Х. Агрохимия: Учеб. пособие. Майкоп: ГУРИПП "Адыгея", 2000. 552 с.

- 16. Ничипорович А.А. и др. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. – М.: Изд-во АН СССР, – 1961. – 211 с.
- 17. Сметании А.П., Дзюба В.А., Апрод А.И. Методики опытных работ по селекции, семеноводству, семеноведению и контролю за качеством семян риса. Краснодар, 1972. 155 с.
- 18. Антипов-Каратаев И.Н. Вопросы физико-химии почв и методы исследования, АН СССР, 1959. 157 с.
- 19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропроиздат, 1985. 351 с.

УДК 635.21: 631.8 (470.40)

ДЕЙСТВИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

- © **Н.В. Корягина**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- © **Ю.В. Корягин,** Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

EFFECT OF INTEGRATED USE OF ORGANIC FERTILISERS AND BIOLOGICAL PRODUCTS FOR PRODUCTIVITY POTATOES IN THE PENZA REGION

© N.V. Koryagina, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia) © J.V. Koryagin, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)

Получены экспериментальные данные по развитию, продуктивности и качеству клубней картофеля раннеспелого сорта Утенок в почвенно-климатических условиях Пензенской области. В микрополевом опыте изучалось действие сидеральных культур, навоза на двух фонах (без инокуляции и с инокуляцией клубней препаратом «Агрика») при возделывании картофеля. Установлено, что сидеральные пары положительно влияют на микробный состав почвы. Последействие сидеральной массы способствовало повышению общего числа целлюлозоразлагающих микроорганизмов по сравнению с контрольным вариантом. Бактериальный препарат «Агрика» при обработке клубней картофеля стимулирует метаболические процессы, направленно изменяет скорость начальных ростовых реакций, ускоряет формирование листовой поверхности и активизирует процессы фотосинтеза. К периоду максимального формирования листовой поверхности совместное действие бактериального препарата и последействие органических удобрений увеличивало площадь листовой поверхности не только по сравнению с контрольным вариантом, но и по сравнению с фоном 1 без инокуляции. Применение инокуляции препаратом «Агрика» усиливает последействие навоза и сидератов и обеспечивает повышение урожайности и качества клубней картофеля.

Ключевые слова: сидеральные культуры, навоз, биопрепарат «Агрика», инокуляция, целлюлозоразлагающие микроорганизмы, чистая продуктивность фотосинтеза, картофель.

The obtained experimental data on the development, productivity and quality-Woo potato tubers early-maturing varieties Duckling in the soil-climatic conditions of the Penza region. In micropolitan study looked at the effect of green manure crops, manure on two backgrounds (without inoculation and inoculation with tubers drug «Agrika») in the cultivation of potatoes. Microfield experiment studied the aftereffect of green manure crops, manure and biological product «Agrika» on the microbiological properties of soil, on productivity and quality of potato tubers. It was found that green manure couples positively affect the microbial composition of the soil. The aftereffect of green manure mass contributed to increasing the total number of cellulose-decomposing microorganisms compared to the control variant. When processing potatoes bacterial product «Agrika» stimulates metabolic processes, changes the speed of the initial aims of growth reactions, accelerates the formation of the leaf surface and activates the processes of photosynthesis. By the period of maximum leaf surface forming the joint action of the

bacterial preparation and the aftereffect of organic fertilizers had increased leaf area, compared not only to the control variant, but also in comparison with the background 1 without an inoculation. The use of «Agrika» inoculation strengthens the aftereffect of manure and green manure and increases the yield and quality of potato tubers.

Key words: green manure, manure, biological product «Agrika», inoculation, cellulose-decomposing microorganisms, pure photosynthetic productivity.

E-mail: bioekolog.pgsh@yandex.ru

Картофель является одной из главных культур, которую можно возделывать по биологизированным технологиям. Однако получение высоких и стабильных урожаев за счет только природных факторов плодородия почвы, особенно в условиях богары Среднего Поволжья, затруднительно [5, 7-8, 10, 19], так как к настоящему времени проблема плодородия почвенного покрова Среднего Поволжья не только продолжает оставаться крайне актуальной, но из года в год осложняется [1, 6-7, 11-13]. В связи с этим в последнее время растёт особый интерес к новым нетрадиционным методам земледелия, обязательным компонентом, которых является использование биологических бактериальных препаратов, и более широкое применение зеленых удобрений [2, 9, 14-18]. Внимание к этим методам обусловлено, прежде всего, тем, что это - единственный экологически чистый путь снабжения растений элементами питания, при котором принципиально невозможно загрязнение природной среды [2, 14, 19]. В условиях развивающихся рыночных отношений при высокой стоимости минеральных удобрений это наиболее доступное средство повышения урожайности сельскохозяйственных культур, так как создания углерода и микробиологическая фиксация азота осуществляется за счет энергии Солнца, что позволит снизить энергозатраты в земледелии [2-3, 15-16, 18].

Поэтому подбор новых более эффективных приемов адаптивно биологизированной технологии возделывания картофеля в условиях ухудшающейся экологической ситуации имеет не только теоретическое, но и практическое значение науки и сельскохозяйственного производства.

Решение поставленных задач осуществлялось постановкой и проведением многовариантных полевых опытов и лабораторных исследований, сопровождающихся сопутствующими наблюдениями, учетами и анализами в соответствии с методикой и техникой постановки полевых опытов на стационарных участках опытного поля ФБГОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия» на лугово-черноземной почве [4].

Опыт закладывался по следующей схеме: контроль (без удобрений); навоз 50 т/га; редька масличная; вика яровая; редька масличная + вика яровая. На всех варианта опыта было создано 2 фона: Фон 1 – без инокуляции клубней картофеля бактериальным препаратом, Фон – 2 инокуляция клубней картофеля биологическим бактериальным препаратом «Агрика». Объектом исследования служил раннеспелый сорт картофеля, районированный по Средне-Волжскому региону – Утенок. Агротехника возделывания моркови применялась общепринятая для черноземных почв лесостепи Среднего Поволжья.

Результаты, полученные в микрополеых опытах, показали, что последействие запашки сидеральной массы способствовала повышению общего числа целлюлозоразлагающих микроорганизмов по сравнению с контрольным вариантом. Максимальное их количество было обнаружено после заделки в почву редьки масличной совместно с викой яровой в сидеральном пару. Последействие сидеральных культур увеличивало численность бактерий в среднем на 811 тыс. клеток, а численность грибов снижало на 69 тыс. клеток по сравнению с контролем. Инокуля-

ция клубней картофеля бактериальным препаратом «Агрика» показала аналогичные результаты. На вариантах где были заделаны в сидеральном пару зеленые удобрения, численность бактерий увеличилась на 220 тыс. клеток по сравнению с фоном 1- без инокуляции клубней картофеля. На фоне 2 с применением препарата «Агрика» численность бактерий увеличивалась в 1,56-1,71 раза, а количество грибов сокращалось на 51,2-59,7% по сравнению с контролем.

Многолетними исследованиями установлено, что рост и развитие растений являются сложными интегральными показателями состояния растительного организма, включающими комплекс взаимосвязанных, физиолого-биохимических процессов [1, 6, 8-11, 14-18], а также наши исследования показали, что на длину вегетационного периода оказывают влияние температура и водный режим. Наибольшая высота растений картофеля отмечена в варианте с внесением навоза в дозе 50 т/га - 42,8 см, что выше, чем на контрольном варианте на 5,6 см и на 1,8 см по сравнению сидератами в среднем по трем культурам на фоне 1 без инокуляции. На фоне 2 сохраняется тенденция к увеличению высоты растений, как по сравнению с контрольным вариантом, так и по сравнению с фоном 1 см.

Наибольшая масса клубней через 20 дней после цветения была отмечена во всех вариантах опыта на фоне с инокуляцией клубней картофеля агрикой – 408 г., что на 22 г. превышало в среднем варианты опыта на фоне 1 без инокуляции.

Биологические препараты при обработке растений стимулируют метаболические процессы, направленно изменяют скорость начальных ростовых реакций, ускоряют формирование листовой поверхности и активизируют процессы фотосинтеза [8-9, 14].

Данные учета по накоплению сырой массы ботвы показали, что наиболее быстрыми темпами рост ботвы происходил при инокуляции клубней картофеля «Агрика». На всех вариантах опыта на фоне 2 с инокуляцией масса ботвы в фазу цветения составила 12,6-13,6 т/га, что на 17,8 % больше фона 1 без инокуляции клубней картофеля в среднем по вариантам.

Запахивание в почву навоза в дозе 50 т/га и биомассы сидеральных культур (редьки масличной, вики яровой и их смеси) при совместной обработке клубней препаратом «Агрика» (фон 2), способствует формированию наибольшей массы ботвы растения картофеля через 10 дней после цветения на 18,0 % выше, по сравнению с фоном 1 без инокуляции клубней картофеля в среднем по вариантам опыта.

Исследования показали, что ассимиляционная поверхность листьев меняется в зависимости от применения регуляторов роста. К периоду максимального формирования листовой поверхности (через 10 дней после цветения) совместное действие биологического бактериального препарата и последействие органических удобрений увеличивала площадь листовой поверхности на 2,6-3,1 тыс. m^2 /га по сравнению с контрольным вариантом, а по сравнению с фоном 1 без инокуляции — на 7,5-10,4 тыс. m^2 /га.

Качественной характеристикой листового аппарата растений является величина чистой продуктивности. Средняя продуктивность фотосинтеза свидетельствует о его активизации при применении сидератов и биологических бактериальных препаратов по сравнению с контрольным вариантом.

Применение биопрепаратов усиливает обменные процессы фотосинтеза, что играет ведущую роль в определении конечного урожая. Наибольший фотосинтетический потенциал отмечен на вариантах где проводили инокуляцию клубней картофеля препаратом «Агрика» — 881-897 тыс. м² сутки/ га, что на 6,8-8,7 % выше контрольного варианта и на 18,0-24,4 % по сравнению с фоном 1 без инокуляции. На этих же вариантах отмечена наибольшая чистая продуктивность фотосинтеза — 9,08-

9,34 г/м² сутки, что на 3,1-6,0 % выше чем на контрольном варианте и на 1,1-3,7 % по сравнению с фоном 1 без инокуляции. Исследуя содержание хлорофилла в листьях растений картофеля, установлено, что концентрация пигмента увеличивается при использовании препарата «Агрика» на 9,0-19,0 % по сравнению с контрольным вариантом. Наибольшее содержание хлорофилла в среднем за годы исследований отмечено при совместной обработке клубней биологическим бактериальным препаратом «Агрика» с заделкой в почву смеси биомассы сидеральных культур (редьки масличной и вики яровой) сидеральном пару — 326 мг%, что на 6,2 % выше контрольного варианта и 9,4 % по сравнению с фоном 1 без инокуляции.

Процесс формирования урожая имеет свои особенности, связанные с применением препарата «Агрика». Интенсивное накопление урожая клубней картофеля в фазу бутонизации отмечено на вариантах с инокуляцией семенного материала картофеля биологическим бактериальным препаратом «Агрика», опережавшее контрольный вариант на 0,4-0,9 т/га.

Через 20 дней после цветения наибольшая масса клубней отмечена на вариантах с заделкой в почву навоза в дозе 50 т/га и биомассы сидеральных культур (редьки масличной, вики яровой и их смеси) при совместной обработке клубней агрикой, что на 0,3-0,6 т/га выше, чем в контрольном варианте и на 12,4 % по сравнению с фоном 1 без инокуляции клубней картофеля в среднем по вариантам опыта.

Основным критерием оценки всех агротехнических приемов является конечный хозяйственный урожай, его величина и качество. Наибольшая продуктивность растений достигается при воздействии и наличии всех факторов (площади питания, количества питательных элементов, тепла и влаги на одно растение и гектар посадок, освещенности, пораженности посадок болезнями) [1, 5-6, 10, 18].

Данные исследований показывают, что заделка в почву навоза в дозе 50 т/га и биомассы сидеральных культур при совместной обработке клубней препаратом «Агрика», оказывает влияние на появление всходов растений картофеля, прохождение фенологических фаз, величину ассимиляционной поверхности листового аппарата и продуктивность фотосинтеза. В целом это определило уровень урожайности картофеля. Биологический бактериальный препарат «Агрика» усиливает последействие навоза и сидератов и обеспечивает урожайность 22,08-21,89 т/га (навоз – 22,08; редька масличная – 22,02 т/га; вика яровая -21.84; редька масличная + вика яровая -21.89 т/га. Таким образом, фон 1 без инокуляции клубней картофеля оказывается менее эффективным по сравнению с фоном 2 с инокуляцией клубней препаратом «Агрика». Важнейшим показателем качества урожая картофеля является товарность картофеля. На всех вариантах опыта, применялась инокуляция происходило улучшение товарности клубней картофеля. Так, на контрольном варианте товарность составляла 67,6 %, а на вариантах с залелкой навоза и зеленого улобрения в чистом и сидеральном парах совместно с использованием препарата «Агрика» (обработка клубней картофеля перед посадкой) она была в пределах 79,3-82,5 %.

Отмечаемое увеличение товарности происходило за счет возрастания массы товарных клубней и повышения доли товарных клубней под кустом от их общего количества. На всех вариантах опыта наблюдалось образование большего количества клубней по сравнению с контрольным вариантом. В тоже время увеличилось число клубней, достигших товарных размеров и их средняя масса на всех вариантах опыта на фоне 2 с инокуляцией клубней картофеля препаратом «Агрика» с наивысшей продуктивностью под кустом насчитывалось 4,8 шт. товарных клубней со средней массой 80 граммов.

Содержание в урожае клубней более 40 г изменялось в зависимости от применения инокуляции. Число клубней более 80 г составляло в среднем 1,4-1,7 шт. на одно растение картофеля.

Наибольшая масса клубней (выше 40 г) с одного растения получена во всех вариантах опыта с применением препарата агрика в среднем — 368 г на одно растение, что выше, чем на фоне 1 без инокуляции клубней картофеля на 56 грамм. Масса клубней с одного растения семенной фракции (40-80 г) колеблется от 180 до 243 г на фоне 2, мало различаясь по вариантам, и общая масса клубней картофеля больше зависит от количества клубней данной фракции, чем от их массы. Масса клубней крупной фракции (клубни более 80 г) на фоне 2 с применением инокуляции составляет 28,0-34,6 % от общей массы клубней. Число клубней этой же фракции с одного растения составляет 14,7-24,0 % от общего их количества.

Таким образом, общий урожай зависит от количества клубней семенной фракции (40-80 г) и от массы и количества клубней крупной фракции (более 80 г), что позволяет положительно влиять на изменение структуры урожая картофеля, увеличивая в нем долю крупной и семенной фракции.

Результаты исследований показывают, что к моменту уборки варианты существенно различались по накоплению сухого вещества и крахмала в зависимости от применения инокуляции клубней препаратом «Агрика».

Увеличение содержания сухого вещества повышает ценность клубней картофеля для промышленной переработки. Наиболее активно сухое вещество накапливается при совместном применении сидерации и инокуляции клубней биопрепаратом «Агрика» — 27,2-28,5 %, что на 1,8-2,0 % выше, чем на фоне 1 без инокуляции клубней картофеля.

Содержание крахмала подчинялось такой же закономерности, как и изменение содержания в клубнях картофеля сухого вещества, оставаясь наибольшим на всех вариантах фона 2 с инокуляцией клубней — 18,5-19,0 %, что на 1,2-1,5 % выше по сравнению с фоном 1 без инокуляции клубней картофеля перед посадкой. Содержание нитратов изменялось в зависимости от применения технологии возделывания картофеля от 214 до 171 мг/кг клубней картофеля. Наименьшее содержание нитратов отмечено в вариантах опыта на фоне 2 с обработкой клубней препаратом «Агрика» перед посадкой от 183 до 171 мг/кг, что 17-24 % ниже, чем на вариантах опыта на фоне 1 без инокуляции клубней.

Уровень экономических показателей очень важен при производстве продукции растениеводства в современных экономических условиях ведения сельского хозяйства. Результаты исследований экономической эффективности возделывания картофеля показывают, что последействие сидеральных удобрений совместно с применением инокуляции клубней картофеля биологическим бактериальным препаратом «Агрика» позволяют получать достаточно значительную прибавку урожая при относительно небольших энергетических затратах. Наибольший условный чистый доход получен в варианте опыта последействие редьки масличной + вики яровой с инокуляцией клубней биологическим бактериальным препаратом «Агрикка», что на 17,79 тыс. руб./га больше по сравнению с контролем (чистый пар без удобрений) и на 25,19 тыс. руб./га, чем на варианте опыта последействие редьки масличной + вики яровой без инокуляции клубней картофеля.

На основании проведенных исследований можно заключить, что последействие сидеральной биомассы и инокуляция клубней картофеля препаратом «Агрика» увеличивало численность бактерий, а численность грибов снизилась.

Инокуляция картофеля препаратом «Агрика» усиливает последействие навоза и сидератов и повышает товарность клубней, а также увеличивает содержание сухого вещества и выход крахмала.

Список литературы

- 1. Биологические средства повышения плодородия чернозема выщелоченного / Т. Б. Лебедева, С.М. Надежкин, Ю.В. Корягин, Е.В. Надежкина // Нива Поволжья. 2007. № 1 (2). С. 7-10.
- 2. Девликамов М.Р., Корягин Ю.В. Обработка яровой пшеницы селенизированными биопрепаратами и микроэлементами // Земледелие. 2007. № 3. С. 42-43.
- 3. Действие бактериально-гумусового препарата на биологическую активность почв / Е.Н. Цыганова, Д.Г. Звягинцев, Л.В. Лысак, А.Л. Степанов // Почвоведение. 2013. Т. 46. № 7. С. 867-871.
- 4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.
- 5. Зеленин И. Н., Смирнов А. А. Продуктивность культур и баланс гумуса в короткоротационном зернопаровом севообороте // Нива Поволжья. 2012. № 2. (23). С. 22-26.
- 6. Зеленое удобрение на черноземе выщелоченном лесостепи правобережья Среднего Поволжья / Т. Б. Лебедева, С.М. Надежкин, Е.В. Надежкина, Ю.В. Корягин // Агрохимия. 1998. № 3. С. 38-44.
- 7. Корягина Н.В., Улицкая Н.Ю. Мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения // Нива Поволжья. 2014. № 2 (31). С. 22-27.
- 8. Корягина Н.В. Применение сидеральных культур и биопрепаратов при возделывании сельскохозяйственных культур // Научно-методический журнал XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Периодическое научное издание. 2011. № 01. С. 118-121.
- 9. Корягин Ю.В. Влияние применения биопрепаратов и микроэлементов на посевные качества семян яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 10. С. 29-30.
- 10. Корягин Ю.В., Корягина Н.В. Значение бактериальных препаратов и сидератов в биологизированном картофелеводстве // Нива Поволжья. 2014. № 4 (33). С. 136-142.
- 11. Корягин Ю.В. Влияние биопрепаратов и микроэлементов на рост и развитие растений гороха // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 5. С. 26-28.
- 12. Лебедева Т.Б., Корягин Ю.В. Трансформация биомассы сидеральных культур в черноземе выщелоченном // Вестник Саратовского госуниверситета им. Вавилова. 2005. № 4. С. 17-19.
- 13. Надежкин С.М., Корягина Н.В. Режим органического вещества светлосерой лесной почвы при использовании зеленого удобрения // Вестник Саратовского госуниверситета им. Вавилова. 2005. № 5. С. 13-14.
- 14. Садовников Н.Г., Корягин Ю.В., Иванова В.А. Продуктивность корнеплодов столовой моркови в зависимости от применения биопрепаратов // Научнометодический «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс». 2011. № 1(1). С. 124–127.
- 15. Стихарева, Д.Н., Корягин Ю.В., Иванова В.А. Влияние микроудобрений на посевные качества и продуктивность столовой моркови в условиях Среднего Поволжья //Вестник Саратовского ГАУ. 2014. № 04. С. 37–39.
- 16. Стихарева Д.Н., Корягин Ю.В., Иванова В.А. Влияние минерального питания на биохимический состав корнеплодов столовой моркови // Научно-

- методический журнал XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Периодическое научное издание. Серия: Экология. 2013. N 09(13) Том 2. С. 241-248.
- 17. Трёкина А.В., Дмитриева Ю.Н., Корягин Ю.В. Применение биопрепаратов при возделывании сои // Научно-методический «ХХІ век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс». Серия: Экология. 2011. № 1(1). С. 134-137.
- 18. Федотова Л. С., Подборонов А. В. Продуктивность картофеля в зависимости от комплексного использования минеральных и бактериальных удобрений на фоне сидератов в условиях Центрально-Черноземного региона России // Нива Поволжья. 2014. № 1(30). С. 56-62.
- 19. Экономическая и энергетическая эффективность биоудобрений при выращивании картофеля / В.В. Ивенин, Е.В. Михалев, А.В. Ивенин, А.Н. Бахметьева // Вестник Казанского аграрного университета. 2011. № 3 (21). С 121-124.

УДК 632.934

РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ И МОНИТОРИНГ ПЕСТИЦИДОВ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

© **Т.В. Кононова,** Министерство сельского хозяйства России (г. Москва, Россия) © **В.С. Горбатов,** Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова (факультет почвоведения), заведующий лабораторией ВНИИФ (г. Москва, Россия)

REGULATION OF ROTATION AND MONITORING PESTICIDES IN THE RUSSIAN FEDERATION

- © T.V. Kononova, The Ministry of Agriculture of the Russian Federation (Moscow, Russia)
- © V. S. Gorbatov, Moscow State University of M.V. Lomonosov (faculty of soil science), the head of the laboratory of VNIIF (Moscow, Russia)

В 2007 году Российская Федерация начала присоединение к Организации Экономического Сотрудничества и Развития (ОЭСР). В статье обсуждаются процедура регистрации пестицидов в странах ОЭСР и основные направления реализации "Дорожной карты присоединения Российской Федерации к Конвенции об учреждении ОЭСР" в этом вопросе.

Ключевые слова: регулирование обращения пестицидов, ОЭСР, пестицид, требуемые данные о пестициде, регистрация пестицидов

In 2007 the Russian Federation began the accession to the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). Pesticide registration in the OECD countries and the Russia Federation according to principles of "Roadmap for the accession of the Russian Federation to the OECD convention" has been discussed.

Key words: Pesticide regulation, OECD, pesticide, data requirements, pesticide registration.

В 2007 г. Российская Федерация начала присоединение к Организации экономического сотрудничества и развития (<u>ОЭСР</u>). Эта международная организация, объединяющая в настоящее время 35 наиболее развитые страны мира, создана для координации и гармонизации научно-технической политики в различных областях деятельности человека (экономика, торговля, наука, образование, окружающая среда, энергетика, сельское хозяйство и другие отрасли), а также для обсуждения неотложных глобальных проблем устойчивого развития

и их совместного решения. В 2011 году федеральные органы исполнительной власти приступили к разработке нормативно-правовых актов, связанных с присоединением к ОЭСР.

Большое внимание ОЭСР уделяет гармонизации регулирования **обра- щения химической продукции**. Основные принципы этого регулирования, которыми должна руководствоваться Россия, как будущий член ОЭСР, изложены в Приложении А.IV "Дорожная карта присоединения Российской Федерации к Конвенции об учреждении ОЭСР" и формулируются следующим образом [1]:

- взаимное признание данных в оценке химических веществ;
- **>** сопоставимость применяемой нормативно-правовой базы в сфере защиты человека и окружающей среды;
- развижение принятой в ОЭСР системы регулирования оборота химических веществ для формирования равных «правил игры».

Эти принципы в значительной мере касаются и пестицидов. Программа ОЭСР по пестицидам начала действовать в 1992 г. с целью улучшения эффективности регулирования обращения химических и биологических пестицидов в странах этой организации. Ее целями являются:

- **>** помощь правительствам стран ОЭСР в разделении труда по регистрации и перерегистрации пестицидов, поскольку часто одни и те же пестициды используются в разных странах;
- рагримонизация требуемых при регистрации данных, методов их получения и оценки рисков применения пестицидов для того, чтобы помочь правительствам совместно работать по улучшению качества данных и их оценки;
- **>** помощь правительствам стран ОЭСР в уменьшении рисков, которые могут возникать, даже если зарегистрированные пестициды применяются правильно.

Данная программа координируется Рабочей группой по пестицидам (РГП), которая состоит из представителей правительств стран ОЭСР, а также представителей Еврокомиссии, международных организаций, предприятий пестицидной промышленности и экологов. РГП входит в состав Комитета по химической продукции, который является частью Департамента окружающей среды ОЭСР.

Ниже дан краткий обзор деятельности ОЭСР по основным направлениям регулирования **обращения пестицидов**, который будет полезен при разработке российских нормативно-методических документов, реализующих вышеупомянутую "Дорожную карту..." в части, касающейся <u>государственной</u> регистрации пестицидов в Российской Федерации.

Регистрация пестицидов: Проект ОЭСР по регистрации и перерегистрации пестицидов касается оценки рисков пестицидов для человека и окружающей среды. Эта процедура очень важна, так как, работая совместно, правительства могут оценивать риски пестицидов быстрее и тщательнее, тем самым ускоряя регистрацию более безопасных новых и прекращая использование устаревших средств защиты растений.

Идеологию проекта составляет механизм обмена информацией между странами ОЭСР о регистрируемых препаратах, эффективность которого зависит от того, насколько унифицированы:

- форматы досье регистрантов и отчетов (монографий) по оценке пестицидов;
 - р подходы к оценке их опасности и риска;
 - > руководства по проведению испытаний.

К 2014 г. [2] во всех странах ОЭСР в обязательном порядке при регистрации должны представляться данные о пестицидах (досье), подготовленные регистрантом в едином формате ОЭСР, и в полном объеме будет налажен обмен унифицированными монографиями, содержащими обзор и оценку данных, между странами, в которых проводится регистрация. В настоящее время ведущие производители пестицидов уже подготовили (или готовят) досье в формате ОЭСР на многие регистрируемые (перерегистрируемые) препараты, и правительственные регистрирующие органы стран ОСЭР имеют к ним доступ.

Важно подчеркнуть, что единые форматы досье и монографий вовсе не обязывают страны ОСЭР принимать одинаковые решения по регистрации пестицидов. Они предназначены, прежде всего, для уменьшения дублирования работы, снижения финансовых и временных затрат регистрантов и регистрирующих органов.

Досье и монографии в формате ОЭСР. ОЭСР подготовило руководства для производителей (регистрантов) химических [3] и биологических пестицидов [4], которые используются ими при подготовке данных о регистрируемых препаратов (досье). Еще два руководства предназначены для правительств (регистрационных органов) [5, 6], которые оценивают представленные данные и готовят соответствующие монографии о пестицидах. Все эти руководства устанавливают единую форму представления данных, чтобы сделать досье и монографии ясными, полными и удобными для поиска необходимой информации. Это дает возможность регистрирующим органам разных стран эффективно обмениваться данными по оценке пестицидов, а регистрантам — представлять одинаковые досье во все страны ОЭСР.

Основным органом, регулирующим процесс государственной регистрации пестицидов и агрохимикатов в Российской Федерации, является Минсельхоз России. Минсельхозом России создана Межведомственная комиссия по вопросам безопасного обращению с пестицидами и агрохимикатами, членами которой являются федеральные органы исполнительной власти, участвующие в процессе регистрационных испытаний, такие как Роспотребнадзор, Росприроднадзор, факулет почвоведения МГУ. Минсельхоз России планирует обсудить вопросы, касающиеся приведения нормативно-технической документации на пестициды и агрохимикаты в формате ОЭСР.

Данные, требуемые при регистрации пестицида

Перечень требуемых данных включает биологическую эффективность пестицида, его внутренние (физико-химические) свойства, опасность для человека и окружающей среды, возможность проявления опасности (риск). Они представляются регистрантом в государственный регистрирующий орган для оценки и принятия решения. Гармонизация требований к данным о пестицидах очень важна, так как существенно облегчает для стран ОЭСР совместную работу над оценкой рисков их применения. Во всех странах эти требования практически схожи [7] и объединены в следующие группы:

- идентификация действующего вещества и инертных ингредиентов, входящих в состав препарата;
 - физико-химические свойства;
 - ункция, механизм действия, регламент применения;
- процесс производства, контроль качества и аналитические методы определения;
 - остаточные количества в сельскохозяйственной продукции;
 - эффективность;

- **>** токсичность (для человека);
- экотоксичность:
- разрание в окружающей среде.

<u>Электронный формат данных:</u> Разработаны унифицированные подходы и рекомендации по использованию возможностей представления данных о регистрируемых пестицидах в электронном виде [8], что облегчает работу по подготовке досье, монографий и архивированию документов досье.

В этой части плана присоединения Российской Федерации к ОЭСР уже подготовлена. В связи с реализацией части 2 статьи 7 Федерального закона от 27.07.2010 № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг» федеральные органы исполнительной власти переходят на межведомственное взаимодействие при оказании государственных услуг. Минсельхоз России разработал и согласовал технологическую карту межведомственного взаимодействия по предоставлению Минсельхозом России государственной услуги по организации проведения регистрационных испытаний, проведению экспертизы регламентов применения пестицидов и агрохимикатов, проведению экспертизы результатов регистрационных испытаний пестицидов и агрохимикатов, государственной регистрации пестицидов и агрохимикатов, ведению государственного каталога пестицидов и агрохимикатов (государственная услуга). Государственная услуга предполагает возможность представления данных о регистрируемых пестицидах в электронном виде.

Защита данных. Получение новых данных о пестицидах требует значительных интеллектуальных усилий и финансовых затрат разработчиков, поэтому ОЭСР уделяет существенное внимание вопросам защиты авторских прав и конфиденциальной деловой информации, возникающим при регистрации пестицидов. В отчете ОЭСР, посвященном этой теме [9], рассмотрены соответствующие подходы, обеспечивающие обмен информацией о пестицидах между странами без ущерба для ее правообладателей.

В Российской Федерации в соответствии с пунктом 15 Порядка государственной регистрации пестицидов и агрохимикатов, утвержденного приказом Минсельхоза России от 10 июля 2007 г. № 357 Регистрант из числа документов, приложенных к заявлениям на организацию и проведение экспертизы результатов регистрационных испытаний и регламентов применения пестицида или агрохимиката, определяет перечень документов конфиденциального характера, содержание которых в соответствии с законодательством Российской Федерации составляет коммерческую тайну, помечая их грифом «конфиденциально». Минсельхоз России создает условия, обеспечивающие соблюдение конфиденциальности информации, составляющей коммерческую тайну.

В настоящее время разработанный Минсельхозом России Административного регламента по вышеуказанной государственной услуге предполагает формирование процедуры предоставления государственной услуги по государственной регистрации пестицидов и агрохимикатов по принципу «одного окна», что позволит сузить круг лиц, работающих с документами конфиденциального характера, а также предусматривается создание условий, обеспечивающих соблюдение конфиденциальности информации, составляющей коммерческую тайну.

Взаимное признание данных. Одним из ключевых моментов регулирования обращения химической продукции (включая пестициды) в странах ОЭСР является взаимное признание данных. Оно способствует более эффективной и прозрачной политике контроля за химикатами, экономит ресурсы промышленности и государств, предотвращает нежелательные перекосы в торговле. В соответствии с ре-

шением Совета ОЭСР [10] в 1981 г. было решено, что данные о химикатах, полученные в соответствии с руководствами ОСЭР по испытаниям химикатов и принципами надлежащей лабораторной практики (GLP), должны приниматься регулирующими органами во всех странах ОЭСР. Позднее, в 1997 г., была принята пошаговая процедура включения в систему взаимного признания данных о химикатах стран с развитой химической промышленностью, но не входящих в ОЭСР [11].

В настоящее время со стороны Российской Федерации ведется переходный период по присоединению к системе GLP.

Руководства по испытаниям

Экспериментальные методы, которые рекомендованы ОЭСР для тестирования пестицидов, разработаны в рамках большой программы подготовки руководств по испытанию химикатов [12]. Последняя начала выполняться с 1980-х годов и сейчас подготовлено около 100 методик тестирования, многие из которых применимы и к пестицидам. Они объединены в 5 разделов: физикохимические свойства; влияние на биотические системы; деградация и аккумуляция; влияние на здоровье человека; другие тесты.

К настоящему времени осуществлен перевод на русский язык около 30 руководств ОЭСР по определению физико-химических свойств, показателей экотоксикологии и поведения химикатов в окружающей среде, которые предназначены для тестирования пестицидов в Российской Федерации.

Список литературы

- 1. "Дорожная карта" присоединения Российской Федерации к Конвенции об учреждении ОСЭР (принята на 1163-й сессии Совета ОЭСР 30 ноября 2007 г.). Организация экономического сотрудничества и развития. Документ Совета ОЭСР С(2007)103/FINAL, 60 с.
- 2. A Global Approach to the Regulation of Agricultural Pesticides. A Vision for the Future. OECD, Paris, 2006, 6 pp.
- 3. OECD Guidance for Industry Data Submission on Plant Protection Products and their Active Substances. Main Document, Revision 2, May 2005, OECD Environment Directorate, Paris, 2005, 32 pp.
- 4. OECD Guidance for Industry Data Submission for Microbial Pest Control Products and their Microbial Pest Control Agents. February 2004, OECD Environment Directorate, Paris, 2004, 26 pp.
- 5. OECD Guidance for Country Data Review Reports on Plant Protection Products and their Active Substances. Main Document, Revision 3, April 2008, OECD Environment Directorate, Paris, 2008, 26 pp.
- 6. OECD Guidance for Industry Data Submission for Microbial Pest Control Products and their Microbial Pest Control Agents. February 2004, OECD Environment Directorate, Paris, 2004, 23 pp.
- 7. Data requirements for pesticide Registration in OECD Member Countries: Survey Results. OECD Environment Monographs N 77. OECD, Paris, 1994, 145 pp.
- 8. Report of the OECD Workshop on Electronic Tools for Data Submission, Evaluation and Exchange for the regulation of new and Existing Industrial Chemical, Agricultural Pesticides and Biocides. OECD Series on pesticides N 20, OECD, Ottawa, 2002, 43 pp.
- 9. OECD Governments' Approaches to the Protection of Proprietary Rights and Confidential Business Information in Pesticide Registration. OECD Series on pesticides. Number 6. OECD, Paris, 1998, 126 pp.

- 10. Decision of the Council concerning the Mutual Acceptance of Data in the Assessment of Chemicals. 12 May 1981 c(81)30/Final amended on 26 November 1997 c(97)186/Final (annex II), 14 pp.
- 11. Decision of the Council concerning the Adherence of non-Member Countries to the Council Acts related to the Mutual Acceptance of Data in the Assessment of Chemicals [C(81)30(Final) C(89)87(Final)], 3 pp.
- 12. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals. http://www.oecd.org/document/40/0,3343,en_2649_34377_37051368_1_1_1_1_1,0 0.html.

УДК 621.9

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТАВА И СВОЙСТВ ЗОЛЫ ОТ СЖИГАНИЯ ШПАЛ

- © **Н.И. Аканова,** ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
- © **С.Ю. Ефремова**, Пензенский государственный технологический университет (г.Пенза, Россия)
 - © Д.Е. Лузганова, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, Управление разрешительной деятельности (г. Москва) © М.В. Устинова, Российская Открытая Академия транспорта (РОАТ) Московского Государственного Университета путей сообщения (МИИТ) (г. Москва)

AGRO-ECOLOGICAL ESTIMATION OF COMPOSITION AND PROPERTIES OF ASHES FROM THE COMBUSTION OF THE TIES

- © N.I. Akanova, SSI All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)
 - © S.Y. Efremova, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **D.E. Luzganova**, Federal Nature Management Supervision Service, Management of allowing activity (Moscow)
- © M.V. Ustinova, Russian Open Academy of Transport (ROAT) of Moscow State University of means of communication (MIIT) (Moscow)

Приведены результаты определения химического состава золы от сжигания древесных шпал, установлен класс опасности отхода и токсичность при выращивании растений пшеницы.

Ключевые слова: электронная микроскопия, зола, токсичность, класс опасности, биотестирование, тест-культура, химический мелиорант

The results of determining the chemical composition of ashes from the combustion of wood ties are given, the class of the danger of withdrawal and toxicity with the cultivation of the plants of wheat is established.

Key words: electron microscopy, ashes, toxicity, the class of danger, biotestirovanie, test-culture, chemical meliorant

Химический состав золы, её свойства зависят в основном от вида сжигаемого материала и технологии сжигания. Зола, образованная при сжигании незагрязненных древесных отходов, содержит низкий уровень диокинов и тяжелых металлов, и может быть использована в качестве удобрения даже в сельском хозяйстве [1]. Использование различных типов сжигающих установок приводит к образованию золы различного качества. Данные, полученные из самой обширной базы данных в Европе, представленные в таблице 1, демонстри-

руют значительные различия в химическом составе (мг/кг сухой массы золы) в зависимости от типа золы [2].

Таблица 1 – Предельные содержания элементов в золах различных ви-

дов биомассы при различных технологиях сжигания, г/кг сухой массы

Элемент	F	Все типы зо	ЭЛЫ		Донная зо.	ла		Летучая зо	ла
	min	max	X	min	max	X	min	max	X
P	2	409000	15311	11	409000	26073	2	45025	9952
K	24	465000	96058	142	336000	58059	234	417960	207918
Ca	1	683356	219370	60	590000	269906	7	311959	129953
Mg	98	160000	28467	2232	160000	38871	1	46985	17045
Na	297	124715	6416	672	108000	6351	337	36735	9078
S	150	140889	22753	150	137000	7511	2279	128540	45314
Pb	1	48950	694	1	1890	63	12	6989	1066
Zn	8	113849	6436	8	3769	416	163	38916	12064
Cd	1	451	40	1	24	2	1	155	57
As	1	130	15	1	31	7	2	40	13
Cl	2	467218	31014	4	18330	1632	830	351915	108096

Очевидны преимущества использования золы в качестве удобрения, что может обеспечить реализацию замкнутых циклов питательных веществ, в том числе, фосфора, и необходимости меньшего применения удобрений [3, 4]. Зола, в основном, рассматривается как известковый материал из-за высокого содержания Са, хотя концентрации Mg, К и Р могут быть также важны [5]. Имеются данные о высокой эффективности применения незагрязненной древесной золы в лесных и агроэкосистемах, которая обеспечивает увеличение рН почвы за счет катионов оснований, существенное улучшение режима питания и стимулирование микробной деятельности в почве [6]. Зола может применяться вместе с азотными удобрениями или без них. [7].

Экологической стратегией ОАО РЖД на перспективу до 2030 года предусматривается вовлечение отходов в хозяйственный оборот в качестве источников сырья и материалов. К таким отходам может быть отнесена золы от сжигания отработанных деревянных шпал.

Ежегодно в ОАО РЖД выводится из производственного использования около 5,5 миллионов штук шпал, непригодных к повторной укладке в путь. С целью их утилизации в настоящее время действует производство по сжиганию, в результате чего образуется зола, являющаяся потенциально опасной для окружающей среды.

Золы и золошлаки могут использоваться в дорожном строительстве при сооружении земляного полотна, для устройства укрепленных оснований, получения бетона и бетонных изделий различного назначения. Кроме того золы можно применять в качестве самостоятельного вяжущего, а также как активную добавку к неорганическим и органическим вяжущим веществам [8].

При строительстве автомобильных дорог золы используют в качестве активной гидравлической добавки совместно с цементом или известью, а так же, как самостоятельное медленно твердеющее вяжущее для устройства дорожных оснований и покрытий из укрепленных грунтов [9]. Зола от сжигания твердого топлива на ТЭС широко используются при строительстве автомобильных дорог, как в России, так и за рубежом [10].

По имеющимся в литературе данным, золы ТЭС состоят из неорганической и органической фаз [8]. Неорганическая фаза включает: аморфную и кристаллическую составляющие, а аморфная, представлена стеклом и аморфизированным глинистым веществом. Кристаллическая составляющая включает:

- слабоизмененные зерна минералов исходного топлива (кварц, полевые шпаты и др.);
- клинкерные минералы C_2S , CS, C_3A , C_4AF и C_2F , а также $CaO_{cвоб}$, $CaSO_4$, C и карбонаты;
 - примеси магнетит, глауконит, опал, ортоклаз, гранат, пирит и др.

Аморфная фаза представлена метакаолинитом, аморфизированным глинистым веществом и частично остеклованным материалом. Большинство зол имеют сферическую форму частиц и гладкую остеклованную фактуру поверхности, встречаются также микропористые частицы неправильной формы с губчатой поверхностью, полые шарообразные и агрегаты частиц различных конфигураций [11].

Соотношение главных оксидов в золе в среднем составляет: $SiO_2 - 40-8\%$; $AI_2O_3 - 21-27\%$; CaO - 4-6%; $Fe_2O_3 - 4-17\%$; $Na_2O - 0,4-1,4\%$; $K_2O - 0,4-0,7\%$. Помимо этого в состав зол входят SO_3 , MgO, TiO_2 и другие. При сжигании некоторых видов угля, торфа и горючих сланцев образуются высокальциевые золы с содержанием CaO до 45%. Такие золы отчетливо проявляют гидравлические свойства и могут использоваться в качестве самостоятельных вяжущих материалов. В зависимости от вида топлива и условий сжигания зола может содержать до 20% и более несгоревших органических частиц топлива, которые считаются вредными примесями [12].

Использование зол и шлаков от сжигания бурого угля дает возможность сократить до 20% песка и уменьшить расход цемента на Владимирском ЖБК [13]. Оптимальные составы золопесчаных бетонов достигаются при соотношении компонентов (по массе) цемент : зола : песок = (1:0,2:3,8) – (1:0,8:5,4). Введение золы на 20-50% увеличивает прочность песчаных бетонов. Зарубежный опыт показывает, что в Англии зола от сжигания каменного угля была применена в начале 60-х годов, как материал для возведения насыпей при устройстве нижних слоев основания дорожной одежды находящихся на глубине > 40 см от поверхности [14]. В США золы использовали для гидротехнических насыпных сооружений [15]. В Китае каменноугольную золу в смеси известью в соотношении 4:1 использовали при сооружении автомобильной дороги в качестве несущего слоя [16]

Зола образуется и при термической переработке твердых бытовых отходов, утилизация которой также является актуальной задачей. Большинство исследователей отмечают потенциальную опасность золы, в связи с возможным содержанием в ней тяжелых металлов, а так же токсичных веществ — диоксинов и фуранов [17]. Основные работы по переработке золы мусоросжигательных заводов, связанные с использованием их в качестве сырья для строительных материалов, ведутся в Германии, Англии, Японии, Франции, США и других странах [18].

Таким образом, для обезвреживания и утилизации золошлаковых отходов в мире предлагаются различные технологии, предусматривающие подготовку из этих отходов сырья и затем его использование.

В задачу наших исследований входило установление химического состава и токсичности в случае использования её в качестве химического мелиоранта при выращивании растений на почвах с избыточной кислотностью.

Свойства золы устанавливали по результатам химического, минерального, микрозондового состава, дисперсности и основности. Химический состав в золе определяли рентгенофлюоресцентным методом.

Установлен состав золы от сжигания шпал, масс. %: кремния диоксид — 72,0; алюминия окись — 6,7; магния окись — 2,7; кальция окись — 6,83; окись натрия — 0,25; сульфаты — 1,1; окись калия — 1,6; пятиокись фосфора — 0,6; окись ванадия — 0,9. Концентрация тяжелых металлов составила соответственно, ppm: As — 15,125; Ni — 53.29; Cu — 326,9; Sn — 7863,5; Fe — 63837,5; Co — 225,0; Mn — 779,77; W — 48,221; Mo — 95,821, в долевом виде это 7,32%.

По данным химического состава рассчитывали класс опасности золы для окружающей природной среды и здоровья человека. В таблице 2 приведены показатели опасности отхода для окружающей среды. Так как общий показатель степени опасности золы меньше 100, то она относится согласно [Критерии отнесения отходов к классу опасности, утвержденные приказом МПР России от 15 июня 2001 г. №511] к IV классу опасности. В таблице 3 приведены показатели опасности компонентов золы для здоровья человека.

Таблица 2 – Показатели опасности основных компонентов золы

Компо- нент отхода	Концентрация компонента отхода, C_i , мг/кг	Относительный параметр опасности компонента отхода, X_i	Коэффициент сте- пени опасности компонента отхода, W _i , мг/кг	Показатель степени опасности компонента отхода, K_i
SiO ₂	720000	4	10^{6}	0,72
Al_2O_3	67000	4	10^{6}	0,067
CaO	68300	4	10^{6}	0,068
MgO	27000	4	10^{6}	0,027
Na ₂ O	2500	4	10^{6}	0,0025
K ₂ O	16000	4	10^{6}	0,016
P_2O_5	600	4	10^{6}	0,001
SO ₄ ²⁻	1100	4	10^{6}	0,001
V	900	2,7	501,19	1,796
Co	225	2,7	501,9	0,448
Sn	7863,5	2,9	598,4	13,14
Ni	53,3	2,08	128,8	0,414
Cu	326,96	2,17	358,9	0,911
Mn	779,77	2,3	537,0	1,452
As	15,125	1,82	55,0	0,275
W	48,22	2,4	598,4	0,9
Мо	95,82	2,3	536,1	0,18
Fe	63837,2	3,1	6310	10,1
	Показап	пель опасности золы		30,52

Состав золы от сжигания шпал изучали с помощью растровой электронной микроскопией с микрозондовой приставкой в отделе минералогии ВНИИ минерального сырья им. Н.М. Федоровского (ФГУП «ВИМС»), на приборе Теспаі-12 Филипс (Голландия), с увеличением 500 тыс., разрешением 1,2 Å, микрозондовой приставкой и микродифракцией. Анализ показал, что зола пред-

ставляет собой сплав в основе, которого лежит α -железо с объемно центрированной решеткой и параметром элементарной ячейки a=3,59Å (рис. 1 а). Все остальные элементы изоморфно входят в этот сплав. Крупная частичка золы располагается на поверхности более мелкой частицы (показана стрелкой). Ее микродифракция отвечает кальциту. На основании микродифракционной картины можно утверждать, что частица относится к кальциту и одновременно здесь отмечено присутствие альфа-железа (рис. 1б и 1в).

Таблица 3 – Показатели опасности составляющих компонентов золы

	тиолици 5 ттог	tusuresiii oiluelloeiii e	оставляющих компот	TOTT OB SCORE
Ком- по- нент отхо- да	Концентрация компонента золы, C_i , мг/кг	Относительный параметр опасности компонента золы, X_i	Коэффициент степени опасности компонента золы, W _i , мг/кг	Показатель опасности компонента отхода, K_i
SiO ₂	720000	4	3981,02	180,86
Al ₂ O ₃	67000	4	3981,02	16,83
CaO	68300	4	3981,02	17,16
MgO	27000	4	3981,02	6,78
Na ₂ O	2500	4	3981,02	0,63
K ₂ O	16000	4	3981,02	4,02
P ₂ O ₅	600	4	3981,02	0,15
SO ₄ ²⁻	1100	4	3981,02	0,28
V	900	2,7	501,19	1,80
Co	225	2,7	40,1	5,63
Sn	53,3	2,08	10,0	5,33
Ni	326,96	2,17	30,0	10,90
Cu	7863,5	2,9	54,4	144,55
Mn	779,77	2,3	20,0	38,99
As	15,125	1,82	5,0	3,03
W	48,22	2,2	25,0	1,93
Mo	95,82	2,4	35,0	2,74
Fe	63837,2	2,5	137,0	465,97
	907,56			

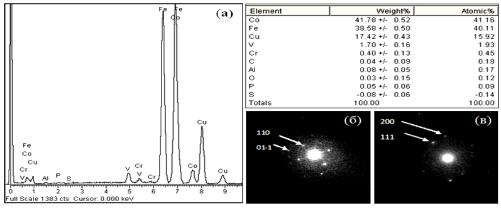


Рисунок 1-(a). Рентгеновский характеристический спектр и количественное соотношение элементов в выбранной точке; (б). Микродифракционная картина $\alpha-$ железа; (в). Микродифракционная картина кальцита

Анализ других частичек золы установил, что зола от сжигания х шпал представляет агрегат частиц из сплава железа и меди в виде кубиков, перемежающихся чешуйчатыми обособлениями слоистого алюмосиликата, в которые входят каолинит, монтмориллонит и гидрослюда. Отмечено присутствие зерен кварца, кальцита и других минералов не несущих основную нагрузку в золе по содержанию микро минеральных фаз. В основном размер частиц соответствует 30-40 мкм. На рисунке 2 приведена рентгенограмма золы, на основании которого определено, что в его состав входит кварц, плагиоклаз, гематит и минерал со структурой шпинели.

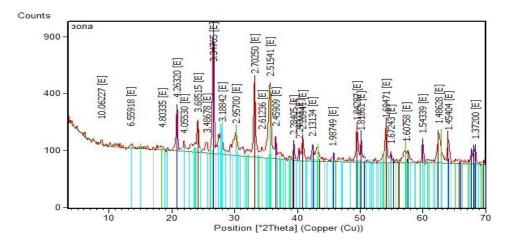


Рисунок 2 – Рентгенограмма золы. Интенсивность, имп/с длина волны, А

Важным моментом в использования золы является классификация, в основу которой положены наиболее характерные критерии качества материала:

- модуль основности (гидравлический модуль) M_o ;
- силикатный (кремнеземистый) модуль М_с;
- коэффициент качества (гидравлическая активность) К.

Модуль основности представляет собой отношение содержания основных оксидов к сумме кислотных оксидов. При $M_{\rm O} > 1$ золы и золошлаки — основные и обладают вяжущими свойствами; при $M_{\rm O} < 1$ — кислые, могут служить гидравлической добавкой. Для учета влияния щелочных компонентов в формулу модуля основности включены оксиды натрия и калия.

$$M_{O} = \frac{CaO + MgO + K_2\hat{O} + Na_2O}{SiO_2 + Al_2O_3}$$

Силикатный модуль показывает отношение количества оксида кремния, вступающего в реакцию с другими оксидами, к суммарному содержанию оксидов алюминия и железа. Физический смысл силикатного модуля состоит в следующем. Силикатный модуль, являясь соотношением SiO_2 (необходимым для образования C_2S и C_3S) к $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ (необходимых для образования C_3A и C_4AF), пропорционален, таким образом, отношению минералов (силикатов) к минералам (плавням).

$$SiO_2 Al_2O_3 + Fe_2O_3$$

Гидравлическая активность оценивается коэффициентом качества.

$$\frac{\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2}$$

В числителе стоят оксиды, повышающие гидравлическую активность, в знаменателе – снижающие ее. Следовательно, чем выше коэффициент качества, тем выше гидравлическая активность золы. Значение модулей и коэффициента качества колеблются в определенных пределах. Однако, чем больше значение модуля основности, тем выше вяжущие свойства материала, тем больше его прочность при затвердевании. При прочих равных условиях и при повышенном силикатном модуле материал схватывается и твердеет медленно, но прочность его через определенное время возрастает.

Следовательно, указанные три показателя являются важными классификационными признаками материала, дающими информацию об определенных свойствах и показывающими соотношение главных компонентов.

Основность золы определяли по количеству кислоты, нейтрализованной золой. Фиксировали объем израсходованного раствора буры на титрование и вычисляли количество кислоты, связанной золой по реакции нейтрализации: $2HCl+Na_2B_4O_7\cdot 10H_2O \rightarrow 2NaCl+H_2B_4O_7+10H_2O$

Из реакции составляли уравнение по пропорции атомных масс с учетом концентраций растворов кислоты и буры: \mathbf{Z} =50-0,357· \mathbf{T} (1)

где 50 – начальный объем 2 %-го раствора соляной кислоты, мл,

Z – количество раствора кислоты связанной 1 г золы, мл.

Т – объем раствора буры израсходованного при титровании, мл.

Этот параметр (Z) является характеристикой основности золы, так как составляющие золы активно реагируют с кислотой, нейтрализуя её. Чем больше кислоты нейтрализуется золой, тем больше основность золы, и наоборот.

Токсичность, а следовательно экологическую опасность золы при различном её содержании в субстрате (почве) определяли в лабораторных условиях методом биотестирования в соответствии с общепринятой методикой [19]. В качестве тест-культуры была выбрана пшеница. В минисосуды (до 0,5 кг) засыпали смесь песка, предварительно промытого, просушенного и просеянного через сито 0,3 мм и золы в различном соотношении. Смесь увлажняли до достижения полной влагоемкости. В каждый сосуд помещали одинаковое количество зерен пшеницы. Проращивание проводили в установке с частично контролируемыми параметрами (температура, свет) при температуре 20°C. Через 3 дня после начала опыта определяли энергию прорастания:

$$\mathfrak{I}_{II} = \frac{K_{B3}}{K \cdot 100\%},\tag{2}$$

Через 7 дней в каждом сосуде срезали и подсчитывали все нормально развитые побеги и взвешивали с точностью $\pm 0,1$ мг. Для полученных средних

значений определяли погрешность S:
$$S = \sqrt{\sum \frac{a^2}{n \cdot (n-1)}}$$
, (3)

где α – отклонение каждого значения от среднего, n – количество повторений в данном варианте.

Проявление токсичности считали, если установлено снижение степени прорастания семян пшеницы на 20% относительно контрольного опыта.

Энергия прорастания не является надежным экологическим показателем, т.к. этот показатель используется для проверки качества семян. Результаты теста свидетельствуют о том, что энергия прорастания не зависела от содержания золы в субстрате и находилась на уровне 92%.

Увеличение содержания золы положительно повлияло на рост растений, при содержании до 15% золы прибавка достигает 24% по отношению к контролю. Дальнейшее увеличение содержания золы в субстрате оказало отрицательное действие на растения, вследствие чего высота уменьшилась и при содержании 50% золы, показатель снижается на 4%.

Аналогичная закономерность выявлена в отношении накопления массы растений. Она увеличивается при содержании золы в субстрате до 15%, после чего происходит ее снижение (табл. 4, рис. 3).

Таблица 4 – Влияние содержания золы в субстрате на прорастание пшеницы

ницы			
№ п/п	Содержание золы в суб- страте, %	Высота проростков, мм	Масса проростков, мг
1	0	110,95±1,9	2200±21,2
2	2	126,565±3,8	2335±64,6
3	5	133,67±5	2567,5±64,8
4	10	136,56±5,2	2666,6±130,9
5	15	142,73±2,16	2645±35,7
6	20	113,95±1,85	2305±45,55
7	30	98,04±3,5	2553,3±84,5
8	50	105,13±3,9	2192,5±54,37

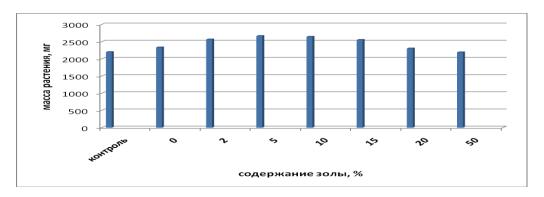


Рисунок 3 – Зависимость накопления массы проростков пшеницы от содержания золы в субстрате

Достоверное увеличение высоты и массы проростков может быть обусловлено поступлением в среду питательных элементов, таких как калий, кальций, кремний, содержащихся в золе, а также микроэлементов. Снижение показателей при содержании золы более 15% можно объяснить поступлением тяжелых металлов (скорее всего железа, никеля, мышьяка и меди) при выщелачивании, а также изменением кислотности среды.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при определенных концентрациях зола не токсична для роста и развития растений, и даже стимулирует ростовые процессы.

Таким образом, расчетно-экспериментальным методом установлено, что зола от сжигания шпала относиться к 3 классу опасности для здоровья человека и к 4 классу по отношению к окружающей среде. На основе рентгеновских спектров, выполненных на световом и растровом электронных микроскопах, выявлено, что зола представляет собой многокомпонентный агрегат частиц из сплава железа и меди в виде кубиков, чередующихся чешуйчатыми обособлениями слоистых алюмосиликатов — каолинита, монтмориллонита и гидрослюды, с включением зерен кварца и кальцита.

Список литературы

- 1. Pitman R. M. Wood ash use in forestry a review of the environmental impacts. Forestry. 2006. 79(5). p. 563-588.
- 2. wwww.ieabcc.nl/database.
- 3. Vance E. D., Mitchell C.C. Beneficial use of wood ash as an agricultural soil amendment: case studies from the United States forest products industry. In: Power J. F., Dick W. A. (eds) Land application of agricultural, industrial and municipal by-products. SSSA, Madison, 2000. pp 567-582.
- 5. Demeyer A., Nkana J. V., Verloo M. G.. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. Bioresour. Technol. 2001. 77. p. 287-295.
- 6. Ohno T. Neutralisation of soil acidity and release of phosphorus and potassium by wood ash. J. Environ. Qual. 1992. 21, p. 433-438.
- 7. Mandre M. Influence of wood ash on soil chemical composition and biochemical parameters of young Scots pine. Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol. 2006. 55(2). p. 91-107.
- 8. Taylor A.F. Finlay R.D. Effects of liming and ash applications on below ground ectomycorhizal community structure in two Norway spruce forests. Water Air Soil Pollut. Focus 2003. 3. p. 63-76.
- 9. Воронкевич С.Д. Основы технической мелиорации грунтов М.: Научный мир 2005. 504 с.
- 10. Массацца Ф. Химия пуццолановых добавок и смешанных цементов// Шестой международный конгресс по химии цемента. М.: Стройиздат, 1976. 209-221 с.
- 11. Дворник Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л.И. Дворник, О.Л. Дворник. Ростов н/Д.: Феникс, 2007. 368 с.
- 12. Игнатова О.А., Бердов Г.И., Фоменко В.В. Особенности процессов твердения золо цементных вяжущих // Современные наукоемкие технологии. 2011.-N2 1-C.80-82.
- 13. Суллейменов С.Т., Борисенко М. И., Тишков П.А., Луценко В.А., Родионова А.А., Горецкая Е.А., Муратова У.Д. Активизированное цементно-зольное вяжущее и бетон на его основе // Силикатные строительные материалы. Сб. трудов. НИИстромпроект, Алма-Ата, 1990. 5-14с.
- 14. *Тур Н.Н Применение зол ТЭЦ в бетонах. М.: Стройиздат, 1986 94 с.*

- 15. Elks A.D., Redman G.T.R.Site control and the construction of embanknents using pulverised fuel ash from Lagoons. "The Surveyor and Municipal Engineer". 1965, Juli
- 16. Шустер Дж.С., Хансен Р.Л. Зола уноса, как строительный материал для насыпных сооружений. American Society of Civil Engineers Gournal of Power Division. 1972 torn 98.
- 17. Liu Hongjun, Yuan Feng, Yang Donghai. The strenghth varieti-esof the seibsurface made of lime and fine coal ash of the Hingwaj from Changba to Baichengt. Dongbei linye daxue xuehao = J. Nort-East Forest. Univ. 2000. 28, N1.
- 18. Бурак В.Е. Результаты эколого-биологической оценки золы Белобережской ТЭЦ на пригодность к применению в качестве компонента строительных материалов // Проблемы природообустройства и экологической безопасности. Брянск: БГСХА, 1997. с. 46-50.
- 19. Albino et al. Stabilization. Solidification of Hazardous Waste before Landfill Disposal // Journal of Environmental Science and Health. 1994. № 2A.
- 20. Бурак В.Е., Вишневская В.В., Федоренко Е.А. Экологическая оценка портландцемента и сырья для его производства методом биотестирования. Вестник: Научно технический журнал. №2. Т.8. Санкт-Петербург, МАНЭБ, 2003. С. 51-54.

УДК 504.412.82.34

ЗАВИСИМОСТИ ПРОДУКТИВНОСТИ СОИ ОТ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ОРОШАЕМОЙ ЛУГОВО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА

- © **Абдыкаримова А.П.** Алматинский технологический университет (г. Алматы, Казахстан)
- © **Султангазиева Г. С.** Алматинский технологический университет (г. Алматы, Казахстан)

PRODUKTIVNOST' SOI V USLOVIYAKH OROSHENIYA V ZAVISIMOSTI OT MINERAL'NYKH UDOBRENIY NA LUGOVO-KASHTANOVOM POCHVE YUGO-VOSTOKA KAZAKHSTANA

- © A.F Abdykarimova, Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan)
- © G.S. Sultangaziyeva, Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan)
- В статье рассматривается влияние минеральных удобрений на агрофизические показатели лугово-каштановой почвы и урожайность сои, как ведущей культуры короткого ротационного севооборота, рекомендованной в условиях юго-востока Казахстана.

Ключевые слова: соя, минеральные удобрения, короткой ротационный севооборот, агрофизические показатели, лугово-каштановая почва, урожайность сои.

The article examines the impact of fertilizers on agro indicators meadow-chestnut soils and soybean yields as the leading culture of short rotational crop rotation in the recommended conditions of the southeast of Kazakhstan

Key words: soy, mineral fertilizers, short rotary crop rotation, agrophysics indexes, pratal-chestnut soil, productivity of soy.

Актуальность. Поиск и разработка экологически безопасных технологий выращивания сельскохозяйственных культур особенно актуальны, поскольку они соответствуют принципам рационального природопользования.

И в настоящее время в аграрном производстве в качестве первоочередной задачи выдвигается внедрение ресурсосберегающих экологически безопасных технологий возделывания сельскохозяйственных культур. К ним относятся технологии с минимальной, нулевой обработкой почвы с применением элементов интенсивной технологии гербицидов. Использование этих элементов при возделывании сельскохозяйственных культур дает возможность существенно снизить затраты энергии на единицу производимой продукции. Нужно учесть, что применяемые верные интенсивные технологии должны вписываться в биогеохимический круговорот ресурсов и создать устойчивые агрофитоценозы. При этом контроль над параметрами технологии выращивания культур позволяет выявить скрытые формы нарушений устойчивости и достаточно оперативно поддерживать стабильность агроэкосистемы.

Одной из самой широко используемой для продовольственных, кормовых и технических целях является зернобобовая культура - соя. Наиболее важным компонентом состава этой культуры является белок и жир. Соя как источник высококачественного ПО аминокислотному составу белка, используемого в пищевых целях, а также ценного растительного масла, имеющего пищевое и техническое применение, пользуется большим спросом. Соя в сравнении с другими бобовыми не только богаче по химическому составу, но и имеет наиболее высокую кормовую ценность, что способствовало развитию зернового направления ее возделывания и, в свою очередь, дала возможность широко использовать ее в кормопроизводстве как культуру, обеспечивающую получение более концентрированных ингредиентов для комбикормовой промышленности [1, с.20].

Соя — важная культура с агрономической точки зрения, являясь азотфиксатором, она обогащает почву азотом, улучшает ее структуру. При благоприятных условиях она может оставлять в почве до 50-80 кг азота на гектар [2, c.16].

Азот сои, в отличие от азота минеральных удобрений не загрязняет окружающую среду, легко усваивается другими растениями. Кроме того, возделывание сои позволяет резко снизить затраты на все дорожающие азотные удобрения, производство которых также наносит немалый вред природе. Поэтому соя является ценным предшественником для других сельскохозяйственных культур. Прибавка урожая зерновых после сои достигает 86-113 % [3, c.81].

На современном этапе в связи с ухудшением состояния плодородия почвы в отдельных соясеющих хозяйствах требуется пересмотр традиционной системы возделывания этой культуры. В связи с этим, одной из основных задач нашего исследования является влияние минеральных удобрений на агрофизические показатели лугово-каштановой почвы и урожайности сои, как ведущей культуры короткого ротационного севооборота, рекомендованной в условиях юго-востока Казахстана.

Условия и методика проведения опыта Наши исследования проведены в учебно-опытной станции, расположенной в северо-западной части Энбекши-Казахского района Алматинской области. Климат района исследования характеризуется как резко континентальный. Территория опытного поля располагается в засушливой предгорной зоне и характеризуется резко континентальным климатом, низкой влажностью воздуха, обилием солнечного света, короткой, но довольно холодной зимой.

Полевые опыты были заложены на лугово-каштановых почвах, тяжелого механического состава, которые являются характерными типами предгорной сазовой полосы. Лугово-каштановые почвы подгорной равнины Заилийского Алатау имеют темно-каштановую окраску гумусового горизонта, мощность которого достигает 30-40 см. Причем на поливных почвах она значительно больше, чем на целинных участках. Почвы отличаются отсутствием резко выраженного иллювиально-карбонатного горизонта. В случае очень близкого залегания грунтовых вод, нижние горизонты имеют признаки заболачивания. Они оглеены, а в отдельных случаях при низкой скорости потока грунтовых вод содержание легкорастворимых солей выше их токсичных величин.

По агрегатному составу лугово-каштановые почвы характеризуются хорошо выраженной макроструктурностью. В 30 см слое почвы на целинных участках сумма водопрочных агрегатов диаметром больше 0,25 мм колеблется в пределах 70-79 %, на пахоте. Содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 4,38%, которое постепенно убывает с глубиной. Содержание валового азота и валового фосфора высокое – 0,258 и 0,211% соответственно. По обеспеченности доступными элементами питания почвы опытного участка характеризуются как высокообеспеченные азотом (137 мг/кг N и 25 мг/кг N-NO₃) и обменным калием. Содержание подвижного фосфора низкое – 22 мг/кг почвы.

Таким образом, лугово-каштановая почва по своим водно-физическим свойствам и уровню потенциального плодородия, вполне удовлетворяет условиям возделывания всех видов сельскохозяйственных культур.

Для решения поставленных задач исследований нами были изучены влияние минеральных удобрений на сохранение и повышение плодородия почв при возделывании ценной белково-масличной культуры - сои в коротко ротационном плодосменном севообороте. На оптимальном агрофоне, после озимой пшеницы заложен полевой опыт согласно следующей схемы: 1 вариант-контроль, 2 вариант- N_{30} , 3 вариант - P_{60} , 4 вариант - N_{60} , 5 вариант- K_{60} , 60.

В качестве удобрений использованы: азотные — аммиачная селитра с содержанием 32-34%N; фосфорные — суперфосфат простой с содержанием 18-19% P_2O_5 и калийные — сульфат калия с содержанием 46-50% K_2O . Влажность почвы в опытах на уровне 60-70-60% от НВ поддерживается проведением 3-4-х поливов с поливной нормой $600-750 \,\mathrm{m}^3$ /га.

Результаты исследований. В зависимости от применения определенной технологии возделывания той или иной культуры пахотный слой почвы приобретает качество, отличающееся особыми агрофизическими, физикомеханическими свойствами. Эти свойства в ряде случаев резко отличаются от свойств, которые имела почва, до применения изучаемого агроприема. Одним из главных показателей является объемная масса почвы.

В зависимости от применения минеральных удобрений и предшественников в плодосменном севообороте объемная масса пахотного слоя почвы колеблется от 1,16 г/см³ (после озимой пшеницы) до 1,24 г/см³ (после рапса) и 1,33 г/см³ (при возделывании сои бессменно). Объемная масса почвы перед посевом зависит от системы основной обработки, а после посева от междурядной обработки почвы.

В год нашего исследования объемная масса колебалась в пределах 1,16 г/см³ и 1,33 г/см³ только, лишь в зависимости от предшественников. А, в зависимости от влияния минеральных удобрений существенных отклонений не наблюдается. Нужно отметить, что место сои в севообороте оказывает суще-

ственное влияние на объемную массу почвы, тем самым чередования культур улучшает агрофизические факторы плодородия почвы.

Почвы юго-востока Казахстана характеризуются высокой нитрификационной способностью, в связи с этим аммонийный азот, образующийся в результате минерализации органического вещества почвы или внесенный с удобрениями быстро вовлекается в процесс нитрификации. Результатами отдельных исследователей доказано, что внесение азотных удобрений (N_{90}) весной способствовало улучшению питательного режима в пахотном слое почвы. При этом, увеличение произошло за счет нитратной его формы т. е. азотные удобрения способствовали увеличению в основном нитратного азота.

Многими исследователями установлено, что высокие дозы фосфорных удобрений снижают процесс нитрификации в почве, в некоторых случаях наблюдается обратная зависимость между содержанием подвижного фосфора и нитратов. Что касается полей севооборота, то относительно высокое содержание минерального азота отмечается под посевами культур, идущей после сои, что связано с нитрифицирующими способностями зернобобовой культуры сои, накопителем биологического азота.

Исследования показали, что урожайность сои сильно зависит от изменения питательного режима, особенно фосфорного. На контрольном варианте - без внесение фосфорного удобрения - P_{o} и на удобренном азотом - N_{30} , накопление абсолютно сухой биомассы сои в севообороте в первом сроке определения составляет, соответственно 0,25 и 0,28 т/га. При внесении фосфорного удобрения в дозе P_{60} абсолютно сухая биомасса сои увеличивается до 0,44 т/га (табл.1).

Таблица 1 – Накопление абсолютно сухой биомассы сои в севообороте, т/га

1/1 a					
№	Опыт ва-	Анықталудың	Уборка при полной спелости		
п/п	рианты	I мезгілі	Всего, абсолют- но сухой био- массы	Масса соло- мы, стеблей	Урожайность, (зерна)∖, т/га
1	Контроль	0,25	6,68	4, 96	1,72
2	N ₃₀	0,28	7,37	5,46	1,91
3	P ₆₀	0,44	7,27	5,11	2,16
4	N ₃₀ P ₆₀	-	8, 09	5,81	2,28
5	$K_{60}P_{60}$	-	8,16	5,79	2,37

Таким образом, определение сухой биомассы сои показало, что величина ее существенно повышается при внесении минеральных удобрений. Из таблицы видно, что внесение удобрений оказало положительное влияние на накопление биомассы изучаемых культур. Такая закономерность в накоплении сухого вещества сохраняется до фазы полной спелости зерна, когда на удобренных вариантах сухая масса сои колеблется от $6,38\ \text{T}$ /га на контроле до $7,37\ \text{T}$ /га при внесении $N_{30};\ 7,27\ \text{T}$ /га $-P_{60};\ 8,\ 09\ \text{T}$ /га $-N_{30}$ $P_{60};\ u\ 8,16\ \text{T}$ /га при внесении K_{60} P_{60} .

Таким образом, минеральные удобрения, являясь действенным фактором изменения эффективного плодородия почв, существенно повлияли как на общее количество питательных веществ в почве, так в особенности на подвижные формы, что оказывает существенное влияния на повышение урожайности сои. Как видно из таблицы, с повышением накопление сухой массы сои повышается урожайность семян от 1,72 т/га до 2,37 т/га.

Накоплению биомассы в большой степени способствовали дозы азотных (увеличивается на 1,41 т/га) и калийных (на 1,48 т/га) удобрений, внесен-

ных на фоне P_{60} – фосфора, что доказывает влияние урожайности сои от улучшения фосфорного питания.

Одним из факторов эффективности интенсификации сельскохозяйственного производства является улучшение качества получаемой продукции. Определение качества семян, изучаемых в наших исследованиях культур, показало, что минеральные удобрения наряду с повышением урожая оказали положительное влияние на качественные показатели (содержание белка, жира).

Как известно, соя является также накопителем не только белка, но и жира. Как видно из таблицы 2, содержание белка в зерне на контрольном варианте при 34,3%, сбор с 1 га составляет 0,589 т /га, содержание жира при 20,1% жирности составляет 0,345 т/га. Внесение N_{30} не оказывает существенное влияние на содержание белка (34,8%), так как повышается всего на 0,5% по сравнению с контрольным вариантом - 34,3%.

Внесение азотных и калийных удобрений на фоне фосфорных обеспечивает наибольший сбор белка с 1 гектара, величина которого превышает контроля почти в 1,5 раза достигая 0,852-0,919 т /га.

	Таолица 2 – Влияние удоорении на накопление оелка и жира в семенах сои					
№ п/п		Содержание белка, т\га		Содержание жира, т\га		
	Варианты опыта	Среднее	Прибавка урожая, т/га	Среднее	Прибавка урожая, т/га	
1	Контроль	0,589	-	0,345	-	
2	N ₃₀	0,664	0,075	0,431	0,086	
3	P ₆₀	0,779	0,190	0,505	0,160	
4	N ₃₀ P ₆₀	0,852	0,263	0,558	0,213	
5	$K_{60}P_{60}$	0,919	0,330	0,571	0,226	

Таблица 2 – Влияние удобрений на накопление белка и жира в семенах сои

Содержание жира было относительно высокое и составило на контрольном варианте 20,1%, и на удобренных вариантах оно было выше и колебалось в пределах 22,6-24,5% и по сбору жира с 1 га $(0,431-0,571\ \text{т/га})$ было ощутимое[4, c.192].

Заключение Минеральные удобрения, являясь действенным фактором изменения эффективного плодородия почв, существенно повлияли как на общее количество питательных веществ в почве, так в особенности на подвижные формы, что оказывает существенное влияния на повышение урожайности сои (от 1,72 т/га до 2,37 т/га).

Одним из факторов эффективности интенсификации сельскохозяйственного производства является улучшение качества получаемой продукции. Определение качества семян, изучаемых в наших исследованиях культур, показало, что минеральные удобрения наряду с повышением урожая оказали положительное влияние на качественные показатели (содержание белка, жира).

Внесение азотных и калийных удобрений на фоне фосфорных обеспечивает наибольший сбор белка с 1 гектара, величина которого превышает контрольного почти в 1,5 раза достигая 0,852-0,919 т/га. Содержание жира было относительно высокое и составило на контрольном варианте 20,1%, и на удобренных вариантах оно было выше и колебалось в пределах 22,6-24,5 % и по сбору жира с 1га (0,431-0,571 т/га) было ощутимое, что решает актуальную проблему обеспечения населения ценными продуктами питания — маслом.

Список литературы

- 1. Бородычев В. В. Минеральное питание сои / В. В. Бородычев, М.Н. Лытов // Агрохим. вестник. -2005. -№ 5. C. 20-21.
- 2. Кашбулгаянов Р. А. Применение пожнивного сидерата при комплексной механизации возделывания сои / Р. А. Кашбулгаянов //Технология и оборудование для села. 2006. № 7. с. 16-17. Кашеваров Н. И. Влияние азотных удобрений на урожайность зерна сои на выщелоченных черноземах северной лесостепи Западной Сибири / Н. И. Кашеваров, А. А Полищук, А. В. Бейч, Н. Н. Кашеварова // Сиб. вестн. с.-х. науки. 2005. № 1. С. 81-83.
- 3. Сулейменова Н.Ш., Султангазиева Г.С.Зависмость продуктивности сои от внесения минеральных удобрений в условиях орошаемой лугово-каштановой почвы Юго-Востока Казахстана «Исследования, результаты», Алматы, №02 (062), 2014. С. 191-194.

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

УДК 504:67

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ КАУЧУКОВ

- © **И.А. Прошин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Р.Д. Прошина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Р.А. Дярькин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **А.А. Горячева**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

MATHEMATICAL MODELLING IN RESEARCH PROCESSING METHODS FOR PRODUCTS INSULATION FROM WASTE SYNTHETIC RUBBER

- © I.A. Proshin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © R.D. Proshina, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © R.A Dyarkin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © A.A. Gorjacheva, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Приведены результаты экспериментальных исследований и математические модели, на основе которых установлены рациональные технологические режимы утилизации отходов синтетических каучуков и изготовления из них изоляционных материалов.

Ключевые слова: изоляционные материалы, математические модели, отходы синтетических каучуков, технология, экология.

The results of experimental studies and mathematical models on which to base rational technological regimes established recycling and production of synthetic rubbers are insulating materials

 $\textbf{Key words} \hbox{: insulation materials, mathematical models, waste of synthetic rubber, technology, ecology.}$

E-mail: proshin.Ivan@inbox.ru

Одними из важнейших и актуальных проблем современной прикладной экологии остаются вопросы разработки комплексных технологий утилизации отходов синтетических каучуков (ОСК) и производства из них вторичных изделий (рис. 1), в том числе изоляционных материалов для полигонов твёрдых бытовых отходов (ТБО) [1, 2].

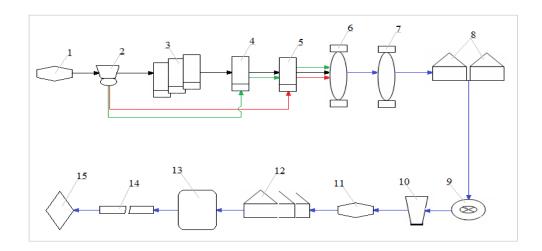


Рисунок 1 — Технологическая схема линии по изготовлению изоляционных материалов из ОСК: 1 — участок подготовки; 2 — бункер загрузки; 3 — ножевая многокаскадная дробилка (типа ПВД); 4 — молотковая дробилка (типа ДН-1100); 5 — тонкодисперсный измельчитель (типа ПВД); 6 — гравитационный сепаратор (типа ГДС-2); 7 — магнитный сепаратор (Х43-45); 8 — накопитель для сопутствующих компонентов; 9 — вибросито (типа ВС-3); 10 — фасовочный бункер (типа ФБ-4); 11 — участок подготовки связующих; 12 — система миксеров (типа ТМР-15) и укладки базовых компонентов; 13 — участок спекания; 14 — участок разреза; 15 — участок выхода полотна

В данной работе с целью установления рациональных технологических режимов разработанной технологии утилизации ОСК и свойств изготавливаемых из них изоляционных материалов проведены экспериментальные исследования и их обработка с построением однофакторных и многофакторных математических моделей [3-9].

Оценивалась плотность изготавливаемого изоляционного материала в функции изменения давления P прессования, концентрации связующего $K_{\rm cB}$ и температуры T. Однофакторные эксперименты проводились на семи уровнях с четырёхкратным повторением опытов в каждой точке (табл.1), по которым на основе матриц планирования:

$$X1 = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -2/3 \\ 1 & -1/3 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1/3 \\ 1 & 2/3 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}; \qquad X2 = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 1 & -2/3 & 4/9 \\ 1 & -1/3 & 1/9 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1/3 & 1/9 \\ 1 & 2/3 & 4/9 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

строились линейные $y = b_0 + b_1 x$ и квадратичные $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$ зависимости.

Таблица 1 – Относительные значения уровней факторов (n=7)

		, **	
Относительные уровни	Давление, МПа	Концентрация, %	Температура, °С
-1	3	15	90
-2/3	6	17	100
-1/3	9	19	110
0	12	21	120
1/3	15	23	130
2/3	18	25	140
+1	21	27	150

В таблицах 2 – 5 приведены результаты расчёта экспериментальных линейных и квадратичных зависимостей плотности изоляционного материала ρ от давления прессования P, концентрации связующего $K_{\rm cs}$, температуры T.

Таблица 2 – Зависимости плотности изоляционного материала от дав-

ления прессования при изменении концентрации связующего

№ зависимо-	Уравнение регрессии, р($(P), [\rho] = \kappa \Gamma / M^3, T = 130 {}^{\circ}\text{C}$	Коэфф коррел	ициент яции <i>r</i>
сти	Линейное (Л)	Квадратичное (К)	Л	К
$(K_{_{\mathrm{CB}}}^{_{\mathrm{CB}}}=9\%)$	$\rho(P) = 363 + 1.4x_P$	$\rho(P) = 364 + 1.45x_P - 2.84x_P^2$	0,581	0,888
$(K_{\rm cB}^{2} = 15\%)$	$\rho(P) = 371 + 2.3x_P$	$\rho(P) = 372 + 2.3x_P - 1.34x_P^2$	0,872	0,953
$(K_{_{\mathrm{CB}}}^{3}=21\%)$	$\rho(P) = 386 + 3.85x_P$	$\rho(P) = 386 + 3.86x_P - 1.18x_P^2$	0,957	0,985
$(K_{_{\mathrm{CB}}}^{^{4}}=27\%)$	$\rho(P) = 395 + 4x_P$	$\rho(P) = 396 + 4x_P - 0.91x_P^2$	0,958	0,983

Таблица 3 – Зависимости плотности изоляционного материала от кон-

центрации при изменении давления прессования

№ зависи-	Уравнение регрессии	$\rho(K_{cB}), [\rho] = \kappa \Gamma/M^3, (T=130^{\circ}C)$	Коэфф: коррел	·
мости	Линейное (Л)	Квадратичное (К)	Л	К
1 (<i>P</i> =3 МПа)	$\rho(K_{cB}) = 375 + 15,2x_K$	$\rho(K_{_{\text{CB}}}) = 374 + 15.2x_{_K} + 1.82x_{_K}^2$	0,997	0,996
2 (<i>P</i> =9 МПа)	$\rho(K_{\rm cb}) = 378 + 16,3x_K$	$\rho(K_{_{\text{CB}}}) = 377 + 16.3x_K + 2.3x_K^2$	0,996	0,996
3 (<i>P</i> =15M Па)	$\rho(K_{\rm cB}) = 381 + 17x_K$	$\rho(K_{_{\text{CB}}}) = 380 + 17x_K + 1.88x_K^2$	0,993	0,992
4 (<i>P</i> =21М Па)	$\rho(K_{\rm cB}) = 382 + 17x_K$	$\rho(K_{cB}) = 381 + 16.8x_K + 1.77x_K^2$	0,995	0,994

Таблица 4 – Зависимости плотности изоляционного материала от давле-

ния прессования при изменении температуры

№	Уравнение регрессии $ ho(P)$, $[ho]$ =кг/м 3 , (Ксв=27%)			ициент іяции <i>r</i>
зависимости	Линейное (Л)	Квадратичное (К)	Л	К
1 (<i>T</i> =90 ⁰ C)	$\rho(P) = 384 + 2.25x_P$	$\rho(P) = 385 + 2.25x_p - 1.82x_p^2$	0,797	0,899
2 (<i>T</i> =110 ⁰ C)	$\rho(P) = 394 + 2.2x_P$	$\rho(P) = 395 + 2.2x_p - 1.45x_p^2$	0,878	0,968
3 (<i>T</i> =130 °C)	$\rho(P) = 396 + 1.98x_P$	$\rho(P) = 397 + 1.98x_P - 2.73x_P^2$	0,749	0,979
4 (<i>T</i> =150 °C)	$\rho(P) = 389 + 2.73x_P$	$\rho(P) = 390 + 2.73x_p - 2.52x_p^2$	0,812	0,901

Таблица 5 – Зависимости плотности изоляционного материала от тем-

пературы при изменении давления прессования

№ зависимости	Уравнение регрессии $\rho(T)$, $[\rho]$ =кг/м ³ , K cв=27%		Коэффици- ент корреля- ции <i>r</i>	
зависимости	Линейное (Л)	Квадратичное (К)	Л	К
1 (<i>P</i> =3 МПа)	$\rho(T) = 387 + 0.578x_T$	$\rho(T) = 391 + 0.589x_T - 7.45x_T^2$	0,187	0,94 2
2 (<i>P</i> =9 МПа)	$\rho(T) = 391 + 1.92x_T$	$\rho(T) = 395 + 1.93x_T - 8.57x_T^2$	0,384	0,99 3
3 (<i>P</i> =15МПа)	$\rho(T) = 393 + 1.65x_T$	$\rho(T) = 396 + 1.66x_T - 7.34x_T^2$	0,383	0,97 9
4 (<i>P</i> =21MΠa)	$\rho(T) = 392 + 2.45x_T$	$\rho(T) = 395 + 2.46x_T - 6.96x_T^2$	0,511	0,98 8

Обработка результатов эксперимента велась в среде Mathcad. Матрицы планирования и результаты эксперимента задавались следующим образом:

$$X := \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -0.33 \\ 1 & -0.67 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0.33 \\ 1 & 0.67 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} \qquad X1 := \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 1 & \frac{-1}{3} & \frac{1}{9} \\ 1 & \frac{-2}{3} & \frac{4}{9} \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{9} \\ 1 & \frac{1}{3} & \frac{1}{9} \\ 1 & \frac{2}{3} & \frac{4}{9} \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} \qquad y := \begin{pmatrix} 392 & 391 & 389 & 388 \\ 391 & 390 & 392 & 393 \\ 397 & 394 & 393 & 396 \\ 398 & 395 & 394 & 397 \\ 397 & 398 & 399 & 396 \\ 399 & 397 & 400 & 396 \\ 400 & 398 & 397 & 399 \end{pmatrix}$$

Параметры математических моделей вычислялись по формулам

$$B = \left[X^{\mathrm{T}} \cdot X \right]^{-1} \cdot X^{\mathrm{T}} \cdot y.$$

Результаты вычислений для четырёх зависимостей (таблица 2) имеют следующий вид:

$$B1 := \left[\left(X1^{T} \cdot X1 \right)^{-1} \right] \cdot X1^{T} \cdot Y1$$

$$B12 := \left[\left(X1^{T} \cdot X1 \right)^{-1} \right] \cdot X1^{T} \cdot Y2$$

$$B1^{T} = (364.333 \quad 1.446 \quad -2.839)$$

$$B12^{T} = (371.81 \quad 2.304 \quad -1.339)$$

$$B13 := \left[\left(X1^{T} \cdot X1 \right)^{-1} \right] \cdot X1^{T} \cdot Y3$$

$$B14 := \left[\left(X1^{T} \cdot X1 \right)^{-1} \right] \cdot X1^{T} \cdot Y4$$

$$B13^{T} = (386.381 \quad 3.857 \quad -1.179)$$

$$B14^{T} = (395.619 \quad 4.018 \quad -0.911)$$

Результаты дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа подтверждают адекватность полученных математических моделей. Рисунки 2 – 5 отражают графики полученных моделей (табл.2 – табл.5).

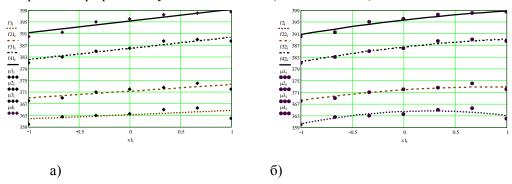


Рисунок 2 – Зависимости плотности изоляционного материала от давления прессования при изменении концентрации связующего (T=130 °C):

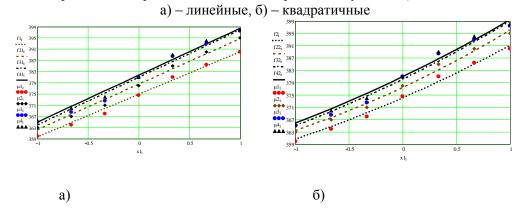


Рисунок 3 — Зависимости плотности изоляционного материала от концентрации связующего при изменении давления прессования (T=130 °C): а) — линейные, б) — квадратичные

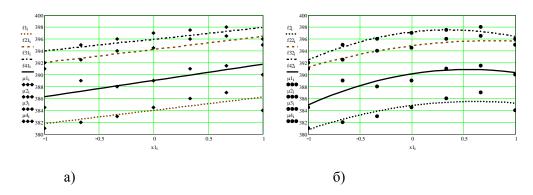


Рисунок 4 — Зависимости плотности изоляционного материала от давления прессования при изменении температуры (K_{cs} =27%): a) — линейные,

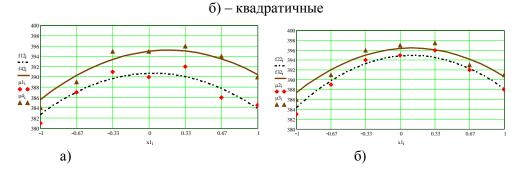


Рисунок 5 – Зависимости плотности изоляционного материала от температуры

При изменении давления прессования ($K_{\rm cs}$ =27%): а) — нижняя кривая — P=3 МПа, верхняя кривая — P=21 МПа; б) нижняя кривая — P=9 МПа, верхняя кривая — P=15 МПа

Учитывая характер рассмотренных зависимостей (рис.2 – рис.5), проведём многофакторный эксперимент на трёх уровнях. Ограничим диапазон изменения факторов в окрестности максимальных значений плотности материала. Относительные значения уровней факторов сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Относительные значения уровней факторов (n=3)

Относительные уровни	Давление (МПа)	Концентрация (%)	Температура (${}^{o}C$)
-1	15	15	110
0	18	21	130
+1	21	27	150

Матрица планирования для двухфакторной зависимости $y_1 = f\left(P, K_{_{\mathrm{CB}}}\right)$ представлена таблицей 7.

Таблица 7 – Матрица планирования на трёх уровнях двух факторов (X1

– давление; X2 – концентрация связующего)

давл	, 112	Rondon pudin emissioners)							
x_0	x_1	x_2	x_1x_2	x_1^2	x_{2}^{2}	$x_1 x_2^2$	$x_1^2 x_2$	$x_1^2 x_2^2$	\mathcal{Y}_1
+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	372,5
+1	0	-1	0	0	+1	0	0	0	374
+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	372
+1	-1	0	0	+1	0	0	0	0	388,5
+1	0	0	0	0	0	0	0	0	389
+1	+1	0	0	+1	0	0	0	0	388,5
+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	+1	397,5
+1	0	+1	0	0	+1	0	0	0	398
+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	398,5

В общем виде двухфакторная модель на трёх уровнях принимает вид $y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_1^2+b_4x_2^2+b_5x_1x_2+b_6x_1^2x_2+b_7x_1x_2^2+b_8x_1^2x_2^2 \quad 1)$

Фрагмент расчёта параметров зависимости $y=f\left(P,K_{\text{cB}}\right)$ (1) в среде Mathcad имеет следующий вид

$$\mathbf{B} \coloneqq \left[\left(\mathbf{X}^T \! \cdot \! \mathbf{X} \right)^{\!-1} \right] \! \cdot \! \mathbf{X}^T \! \cdot \! \mathbf{Y}$$

$$B^{T} = (389 \ 0 \ 12 \ -0.5 \ -3 \ 0.375 \ 0.125 \ 0.875 \ -0.375)$$

$$X_1 := B^T \cdot X^T$$

В результате расчёта получена модель $y_1 = f\left(P, K_{_{\mathrm{CB}}}\right)$ при T =130 $^{\circ}C$ в виле

$$y = 389b_0 + 12x_2 - 0.5x_1^2 - 3x_2^2 + 0.375x_1x_2 + 0.125x_1^2x_2 + 0.875x_1x_2^2 - 0.375x_1^2x_2^2,$$

по которой построены зависимости $y = f(P)|_{K_{\text{CB}}}$ и $y = f(K_{\text{CB}})|_{P}$ (рис. 6).

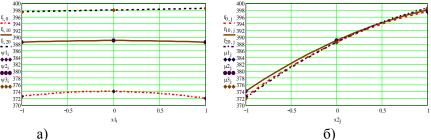


Рисунок 6 – Однофакторные зависимости при $T = 130~^{\circ}C$:

a)
$$y = f(P)|_{K_{CB}}$$
 6) $y = f(K_{CB})|_{P}$

Матрица планирования для двухфакторной зависимости $y_1 = f\left(P,T\right)$ при Kсв=27% представлена таблицей 8.

Таблица 8 – Матрица планирования на трёх уровнях двух входных пе-

ременных (Х1 – давление; Х2 – температура)

ременных (Х1 – давление, Х2 – температура)											
x_0	x_1	x_2	x_1x_2	x_1^2	x_{2}^{2}	$x_1 x_2^2$	$x_1^2x_2$	$x_1^2 x_2^2$	y_2		
+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	396		
+1	0	-1	0	0	+1	0	0	0	396,5		
+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	395		
+1	-1	0	0	+1	0	0	0	0	397,5		
+1	0	0	0	0	0	0	0	0	398		
+1	+1	0	0	+1	0	0	0	0	396		
+1	-1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	+1	391		
+1	0	+1	0	0	+1	0	0	0	391,5		
+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	390		

Фрагмент расчёта параметров зависимости для (1) y = f(P,T)имеет следующий вид

$$\mathbf{B} \coloneqq \left[\left(\mathbf{X}^T \! \cdot \! \mathbf{X} \right)^{\!-1} \right] \! \cdot \! \mathbf{X}^T \! \cdot \! \mathbf{Y}$$

$$B^{T} = (398 -0.75 -2.5 -1.25 -4 0 0.25 0 0.25)$$

$$X_1 := B^T \cdot X^T$$

В результате расчёта получена модель $y_2 = f\left(P,T\right)$ при Kcв=27% в виде

$$y_2=398-0,75x_1-2,5x_2-1,25x_1^2-4x_2^2+0,25x_1x_2^2+0,25x_1^2x_2^2$$
, по которой построены однофакторные зависимости $y=f\left(P\right)\Big|_T$ и $y=f\left(T\right)\Big|_P$ (рис. 6).

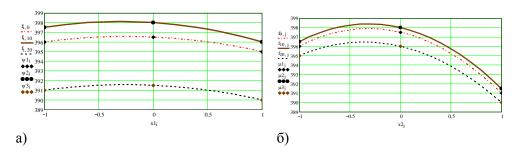


Рисунок 7 – Однофакторные зависимости при Ксв=27%: а) $y=f\left(P\right)\Big|_{T},$ б) $y=f\left(T\right)\Big|_{P}$

На рисунке 8 показаны двухфакторные зависимости плотности изоляционного материала ρ от давления P {15, 21}, ΔP = 1,2 МПа и концентрации $K_{\rm cB}$ {15, 27}, $\Delta K_{\rm cB}$ = 0,6 % связующего, а также от давления P {15, 21}, ΔP = 1,2 МПа и температуры T [110, 150] ΔT = 8 °C, из которых следует, что зависимость $\rho(P,K_{\rm cB})$ при T = 130 °C имеет монотонный характер, а зависимость $\rho(P,T)$ при K св=27% имеет экстремум.

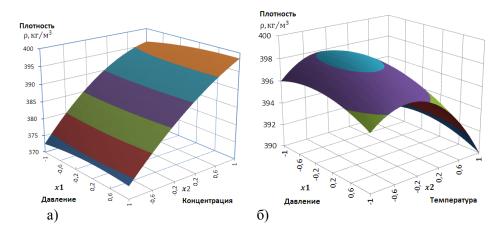


Рисунок 8 — Двухфакторные зависимости плотности изоляционного материала ρ , $\kappa z/M^3$

а) от давления P, МПа $\{15,21\}$, $\Delta P=1,2$ МПа и концентрации C, % $\{15,27\}$, $\Delta C=2,4$ % связующего; б) от давления P, МПа $\{15,21\}$, $\Delta P=1,2$ МПа и температуры T, $^{\circ}C$ $\{110,150\}$ $\Delta T=8$ $^{\circ}C$

Проведенный анализ полученных моделей и зависимостей подтверждает их адекватность и достоверность. Коэффициенты корреляции для линейных зависимостей, кроме зависимости плотности от температуры лежат в диапазоне от 0,581 (средняя связь) до 0,997 (весьма сильная связь). Коэффициенты корреляции для квадратичных зависимостей определяются диапазо-

ном значений от 0,888 (сильная связь) до 0,996 (весьма сильная связь). Практически для всех полученных квадратичных зависимостей в области максимальных значений плотности материала характерна весьма сильная связь. Коэффициенты корреляции линейной зависимости плотности материала от температуры принимают значения 0,187 (слабая связь), 0,384, 0,383, 0,511 (средняя связь). Поэтому для этой зависимости выбрана математическая модель на трёх уровня планирования.

Из рассмотренных зависимостей следует. Рациональные технологические параметры изготовления изоляционного материала: давление прессования P=18 МПа, температура T=130 0 С, концентрация связующего $K_{\rm cs}=27$ %, время формования T=9 мин. Расход компонентов на 1 м 2 для приготовления одной плиты материала (толщиной 40 мм) по разработанной технологии и заданных условиях составит: 5 кг базовых компонентов из ОСК и 1,35 кг полиуретанового связующего.

Список литературы

- 1. Прошин И.А., Горячева А.А., Дярькин Р.А. Технология утилизации отходов синтетических каучуков / Современные проблемы науки и образования. 2015 [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/issue/ (дата обрашения: 04.02.2015).
- 2. Дярькин, Р.А., Прошин И.А., Горячева А.А. Применение изоляционных материалов из отходов синтетических каучуков в основании полигона твердых бытовых отходов / Современные проблемы науки и образования. 2015 [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/issue/ (дата обращения: 04.02.2015).
- 3. Прошин И.А., Сюлин П.В., Таранцев К.В. Системная организация научных исследований экосистем // «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Научно-методический журнал. 2012. № 02(06). Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2012. С. 166—170.
- 4. Прошин И.А., Прошина Р.Д., Сюлин П.В. Методика структурнопараметрического синтеза математических моделей экосистем // «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Научнометодический журнал. — 2013. — № 09(13). — Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад. — 2013. — С. 47-57.
- 5. Прошин И.А., Сюлин П.В. Методика научных исследований экосистем // Экологические системы и приборы. $2013. N_{\odot} 12 C. 26-32.$
- 6. Прошин И.А., Сюлин П.В. Математические и компьютерные методы в медицине, биологии и экологии / В.И. Левин, С.О. Абдулаев, Э.А. Алиев, В.А. Гаджиагаев, О.В. Головинская, А.В. Крошилин, С.В. Крошилина, А.В. Леонов, Д.А. Магомедов, С.В. Попов, И.А. Прошин, А.Н. Пылькин, П.В. Сюлин, Б.В. Тишлин. Пенза Москва: Приволжский Дом знаний, 2012. С. 66-93.
- 7. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Структурнопараметрический синтез математических моделей объектов исследования по экспериментальным данным // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: "Морская техника и технология". — 2009. — №1. — С. 110—115.
- 8. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Построение математических моделей в задачах обработки экспериментально-статистической информации // Известия Самарского научного центра РАН. Авиационно-

- космическое машиностроение. Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. T.14 N = 1(2) C. 425-428.
- 9. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Автоматизированная обработка информации в системах управления технологическими процессами. (монография). Пенза: ПГТА, 2012. 380 с.

УДК 504.75

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

- © **Ю.О.** Логвин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © **Б.Л. Таранцева,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **О.А Логвина,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

MODELING POLYVALENT INDICATORS POLLUTION LEVEL AND ITS PREDICTION

- © Y.O. Logvin, Penza State University of Technology (Penza, Russia)
- © B.L. Tarantseva, Penza State University of Technology (Penza, Russia)
- © O.A. Logvina, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье рассмотрены способы представления и обработки некоторых данных по гидрометеорологии и мониторингу окружающей. На основе данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, составлены таблицы данных о примесях в атмосферном воздухе и содержания основных примесей в осадках, построены функции, отражающие текущее состояние и системы и происходящие процессы. Предложен способ построения прогноза с использованием построенной функции нескольких параметров.

Ключевые слова: загрязнение, содержание озона, средневзвешенная концентрация ионов, атмосферный воздух, прогнозирование

The article describes the methods of representation and processing of certain data for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. Based on the data of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, the data tables of impurities in the air and the content of the main impurities in the sediments, built functions that reflect the current state and the system and the processes. We propose a method for constructing forecast using the built in functions of several parameters.

Key words: pollution, ozone, the average concentration of ions, the air, forecasting. **E-mail**: Olga_kr@list.ru

Среднегодовой уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивают на основе двух взаимосвязанных индексов загрязнения атмосферы. Это индекс загрязнения атмосферы по каждому веществу и комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий суммарное загрязнение атмосферного воздуха пятью приоритетно контролируемыми компонентами. Показатель характеризует уровень длительного, хронического загрязнения воздуха. В качестве приоритетно контролируемого вещества может быть использовано любое, по которому установлен норматив предельно допустимой концентрации и производятся измерения. Кроме того, используются такие показатели качества воздуха, как: СИ, которая определяется из данных наблюдений на станции за одной примесью, или на всех станциях рассматриваемой территории за всеми примесями за месяц или за год, и НП — наибольшая повторя-

емость превышения показателей по данным наблюдений за одной примесью на всех постах территории за месяц или за год.

Всемирная организация здравоохранения установила критерии качества атмосферного воздуха только для 35 веществ, из чего можно сделать вывод, что не обязательно учитывать все 611 загрязняющих веществ, для которых установлены предельно допустимые концентрации в Российской Федерации. Однако, использование пяти контролируемых компонентов, как это принято в настоящее время, тоже не вполне достаточно.

Содержание некоторых примесей в атмосферном воздухе регулярно проверяется в различных регионах страны. Озон относится к 1 классу опасности по параметрам острой токсичности, показатели содержания его в атмосферном воздухе определяются ежемесячно и мы можем найти в опубликованных данных Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за каждый год. ГОСТ 12.1.007-76 устанавливает предельно допустимую концентрацию озона (ПДК) в воздухе рабочей зоны -0.2 мг/куб.м., максимальную разовую в атмосферном воздухе -0.16 мг/куб.м., среднюю суточную в атмосферном воздухе -0.03 мг/куб.м.

Установлены нормативы на содержание приземного озона на уровне 30 мкг/куб.м. для воздействия продолжительностью не менее суток, и на уровне 160 мкг/куб.м. для воздействия продолжительностью 10...30 минут.

Воспользуемся данными Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) [3] о содержании озона в различных регионах России в 2013 году (табл. 1).

Таблица 1 – Общее содержание озона в различных регионах России в 2013 г. (Ле *) и отклонения от нормы** (%)

2013 F. (Z	ι.υ. <i>)</i>	n oik.	топспі	1/1 01 1	пориц	ч. (у	0)						
Месяцы Регионы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
	Общее содержание озона в 2013 г., Д.е.												
Север ЕТР	363	381	439	397	369	343	332	302	290	272	291	309	341
Юг ЕТР	343	356	371	360	340	343	336	314	309	295	280	319	330
Зап. Сибирь	348	392	406	383	393	359	340	315	299	294	285	325	345
Вост. Сибирь	366	426	439	432	391	359	337	313	318	314	298	328	360
Дальний Восток	428	437	452	425	395	360	325	313	315	325	350	382	375
Отклонен	ия ОС	О в 201	3 г. от	нормы	1,%								
Север ЕТР	7,1	0,7	12,4	- 0,3	- 2,6	- 2,5	- 0,1	6,4	- 3,4	- 6,2	1,3	- 0,9	0,4
Юг ЕТР	- 0,9	- 4,3	-2,3	- 4,9	- 7,3	- 2,2	1,0	4,7	0,1	- 0,8	- 6,8	- 0,2	- 2,6
Зап. Сибирь	- 3,4	2,3	3,2	- 2,1	3,2	1,5	2,0	6,0	- 3,2	- 1,2	- 5,1	0,6	- 0,2
Вост. Сибирь	- 5,8	2,7	2,6	0,8	- 2,7	0,2	3,0	6,6	1,4	0,1	- 7,8	- 3,6	- 0,8
Дальний Восток	0,0	- 2,4	-0,2	- 1,3	- 0,7	- 0,1	- 1,6	4,2	- 0,6	- 1,8	- 3,6	- 3,0	- 1,3

Поскольку в Обзоре [4] приведены данные за каждый месяц 2013 года, мы можем построить кривую, наглядно отображающую изменение ситуации в

целом за год. Весьма содержательным представляется и совместное рассмотрение значений общего содержания озона и отклонений от нормы в % (рис.1).

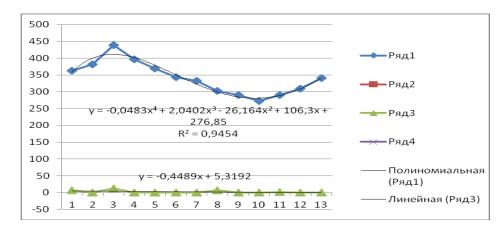


Рисунок 1 – Значения общего содержания озона Север ЕТР в 2013 г., (Д.е.) и отклонений от нормы в (%)

Использование построенных таким образом функций позволяет оценивать общие тенденции в изменении ситуации с содержанием озона за более длительный период, чем это можно сделать просто визуально, и делать прогнозы относительно дальнейшего развития ситуации.

Таблица 2 — Норма содержания озона в различных регионах России (Д.е.*) и среднеквадратические отклонения от нормы** в 2013 г. (%)

(д.е.) и среднеквидрати теские отклонения от пормы в 2013 г. (70)													
<u>Месяцы</u> Регионы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
	Норма, Д.е. и среднеквадратические отклонения, %												
Север	339	379	391	398	379	352	332	315	301	289	287	312	339
ETP	8,0	8,7	7,6	6,3	3,7	3,4	3,3	3,5	3,3	3,5	6,3	7,1	4,1
Юг ЕТР	346	372	380	378	366	350	333	321	308	297	300	319	339
	5,5	5,9	5,5	5,3	3,8	3,4	3,0	3,1	2,9	3,4	3,7	4,7	2,9
Зап.	360	383	393	392	381	354	334	321	309	298	300	323	346
Сибирь	5,3	6,3	7,3	6,6	4,2	3,1	3,0	3,1	3,2	4,4	4,7	5,4	3,2
Вост.	388	415	429	428	402	358	327	316	314	313	323	340	363
Сибирь	6,1	7,0	7,9	5,1	5,5	3,6	3,4	3,2	3,5	5,1	5,0	7,4	4,1
Дальний	429	448	453	432	398	360	330	312	317	332	358	392	380
Восток	4,4	4,5	5,1	5,1	6,7	3,3	3,3	3,5	4,4	4,8	6,1	5,4	2,8
* 1 Д.е. = (* 1 Д.е. = 0.001 атмсм.												
** Hорма -	** Норма – средние многолетние значения и средние квадратичные отклонения за 1973–2002 гг.												

Воспользуемся данными о нормальном содержании озона в различных регионах России (Д.е.*) и среднеквадратических отклонения от нормы** в 2013 г. (%).

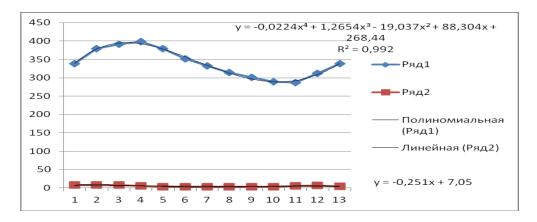


Рисунок 2 — Норма содержания озона, Север ЕТР, (Д.е.*) и среднеквадратические отклонения от нормы** в 2013 г. (%)

Полученные графики хорошо иллюстрируют данные, однако показывают только содержание озона, никак не могут учесть наличие других примесей.

Чтобы учесть наличие в атмосфере сразу нескольких примесей, можно использовать известный индекс загрязнения атмосферы [1–3]. По каждому отдельному веществу он определяется по формуле:

$$I_{i} = \left(\frac{q_{cp.i}}{\Pi / \Pi K_{cc.i}}\right) C_{i} \tag{1}$$

Значения C_i для веществ 4, 3, 2 и 1 классов опасности, равны 0,85; 1,0; 1,3; 1,5 соответственно.

Исходя из этого, комплексный индекс загрязнения атмосферы ИЗА, учитывающий наличие в атмосфере n загрязняющих веществ, рассчитывается по формуле

$$I_n = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{cp.i}}{\Pi / I K_{c.c.i}} \right) C_i$$
 (2)

Однако для получения наглядной картины и возможности составления прогноза необязательно рассматривать именно отношения к ПДК. Возможно использование и таких относительных величин, как

$$I_i = \left(\frac{q_{cp.i}}{q_{n.i}}\right) C_i,$$

где $q_{n,i}$ – норма.

Воспользуемся данными Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды о средневзвешенной концентрации ионов в осадках по ФО за 2008...2013 гг. На основании этих данных [4]...[9] составим таблицу содержания основных примесей (мг/л) по одному из округов (СЗФО, Усть-Вымь), (табл. 3).

Таблица 3 – Средневзвешенная концентрация ионов (мг/л) в осадках по
СЗФО, Усть-Вымь за 20082013 гг, q - величина осадков (мм)

Год	<i>q</i> мм	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na ⁺	K^{+}	Ca^+	Mg^+	M	pН
2008	702,4	1,61	0,65	0,95	1,26	0,39	0,55	0,32	0,98	0,22	6,93	5,7
2009	689,4	2,2	0,9	1,2	1,6	0,7	1,4	0,2	0,9	0,2	9,5	5,8
2010	477,5	3,4	1,3	3,1	3,7	0,9	1,1	0,5	0,8	0,2	15,0	6,2
2011	539,1	1,65	0,97	2,02	2,86	0,77	0,77	0,28	0,63	0,16	10,1	6,2
											5	
2012	834 ,5	1 ,35	0,74	1,12	1,95	0,36	0,58	0,21	0,78	0,17	7,3	6,0
2013	569,0	2,8	2,4	1,5	4,9	0,4	1,4	0,6	1,6	0,6	16,6	6,0

Так как единицы измерения совпадают и все числа имеют один порядок, можно упростить задачу и сравнивать значения функции, не переходя к безразмерным величинам.

Составим функцию
$$r = \sqrt{\sum_{i=1}^n t^{i\,2}}$$
 , где t^i – количество примесей i -го вида

[3]. Такая функция будет иметь ту же размерность, что и исходные величины. Составим таблицу значений этой функции по годам.

Таблица 4 – Значения функции $r(t^i)$ от средневзвешенной концентра-

ции ионов (мг/л) в осадках

'	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,					
Год	2008	2009	2010	2011	2012	2013
r	9,359	11,700	17,405	12,612	9,89	18,890

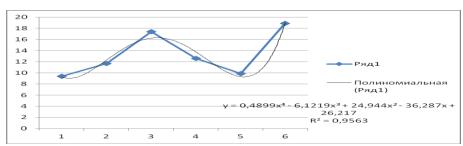


Рисунок 3 — Функция $r(t^i)$ средневзвешенной концентрации ионов в осадках t^i (мг/л)

Полученная функция отражает те же тенденции, что и рассмотренные выше функции одного параметра, но позволяет учитывать влияние всех измеренных примесей на степень загрязнения.

Таким образом, при решении задач прогнозирования степени загрязнения, имеет смысл строить математические модели на основе имеющихся данных измерений за последние годы, что позволит делать и количественный прогноз.

Список литературы

1. Логвина О.А., Логвин С.Г. Об использовании интегрированного показателя для прогноза загрязнения атмосферы // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 5 (21). С. 231-238.

- 2. Логвина О.А., Шарков Т.А., Логвин Ю.О.Интегральные показатели в оценке состояния природных объектов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 1 (17). С. 236-241.
- 3. Логвина О.А. Количественные критерии оценки состояния сложных систем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2012. № 2. С. 95-102.
- 4. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации 2013 г.— Москва, 2014.
- 5. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации 2012 г.— Москва, 2013.
- 6. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации 2011 г.— Москва, 2012.
- 7. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации 2010 г.— Москва, 2011.
- 8. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации 2009 г.— Москва, 2010.
- 9. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации 2008 г.— Москва, 2009.

УДК 51-74:543.55

БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ И ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВАЖНЕЙШИХ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

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

BASIC MODELS AND POTENTIAL OPPORTUNITIES THE MOST IMPORTANT METHODS OF THE ELECTROCHEMICAL ANALYSIS

© A.V. Kireev, Penza State Technological University (Penza, Russia) © E.R. Emurlaeva, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Проанализировано современное состояние методов электрохимического анализа с позиции их технико-эксплуатационных характеристик и информативности измерений. Рассмотрены математические модели, заложенные в основу важнейших методов и обусловленные этими моделями особенности конструкции измерительных установок и фундаментальные ограничения информационных характеристик. Сформулированы нерешенные проблемы и наиболее перспективные направления развития в этой области.

Ключевые слова: химический состав, анализ, электролит, чувствительность, воспроизводимость, импеданс, равновесный потенциал.

The current state of methods of the electrochemical analysis from a line item of their technical utilization properties and informativeness of measurements is analyzed. The mathematical models put in a basis of the major methods and caused by these models of feature of construction of measuring installations and fundamental restrictions of information characteristics are considered. Unresolved problems and the most perspective directions of development in this area are formulated.

Key words: chemical composition, analysis, electrolyte, sensitivity, reproducibility, impedance, equilibrium potential.

E-mail: kireewska@mail.ru; elen.em@mail.ru

В настоящее время разработано большое число методов определения концентрации компонентов многокомпонентных смесей, основанных на использовании электричества, обычно называемых электрохимическими. Среди них можно выделить 4 группы методов, существенно отличающихся друг от друга методикой проведения и характером получаемой информации: кулонометрические, диффузные, потенциометрические и импедансные.

Кулонометрические методы основаны на измерении количества электричества, затраченного на электролиз анализируемой пробы, которое согласно закону Фарадея связано с массой прореагировавшего вещества как

$$Q = \frac{zF}{\mu}m,\tag{1}$$

где Q — количество электричества (Кл), z — количество электронов, участвующих в электрохимической реакции; F=96500 A/c — постоянная Фарадея; μ — молярная масса; m — масса вещества, вступившего в реакцию.

В потенциостатической кулонометрии электролиз проводится при поддержании заданного потенциала электрода [1, с. 10], а в гальваностатической – при поддержании заданного тока [1, с. 18]. В последнем случае для регистрации момента завершения электрохимической реакции могут использоваться самые разные методы, но чаще всего он определяется по резкому увеличению электродного потенциала, наблюдающемуся в фоновом электролите при полном исчерпании определяемого вещества. Гальваностатическая кулонометрия менее селективна и её целесообразно применять только в тех случаях, когда исследуемая реакция имеет 100% выход по току.

Кулонометрический метод позволяет определять до 10^{-9} г-экв вещества, что недоступно для обычных методов объёмного анализа [2, с. 73]. В отличие от других электрохимических методов для проведения кулонометрического анализа не требуется калибровка по эталонам образцам, а нужно лишь точное измерение массы пробы. Недостатками кулонометрии являются большая длительность анализа и полное разложение анализируемой пробы.

Диффузные методы, такие как классическая и релаксационная полярография, а так же хронопотенциометрия, основаны на измерении предельного тока диффузии определяемого вещества, определяемого [2, с.175] как

$$I_{np} = \frac{zFSD^{1/2}}{\pi t^{1/2}}C,$$
 (2)

где z — количество электронов, участвующих в электрохимической реакции; F- постоянная Фарадея; S — площадь поверхности измерительного электрода; D — коэффициент диффузии и C — концентрация определяемого вещества в анализируемой пробе; t — время, прошедшее с начала электролиза.

Необходимым условием реализации диффузных методов является создание условий, обеспечивающих чисто диффузионную природу электродного тока. Это достигается за счёт применения фонового электролита.

В методике классической полярографии измеряется величина электродного тока при медленном (со скоростью не более 0,1 В/с [2, с. 171]) и равномерном изменении электродного потенциала. С увеличением электродного перена-

пряжения величина тока растёт. При приближении к предельному току диффузии одного из компонентов скорость нарастания тока замедляется, так как поступления вещества за счёт диффузии становится недостаточно для дальнейшего роста интенсивности реакции. Дальнейшее увеличение тока происходит за счёт других компонентов пробы.

Снятая таким образом поляризационная кривая состоит из нескольких ступенчатых участков – полярографических волн [3, с. 157], каждая из которых достаточно точно может быть описана уравнением [2, с. 180]

$$\varphi = \varphi_{1/2} - \frac{RT}{zF} \ln \left(\frac{I}{I_{np} - I} \right), \tag{3}$$

где ϕ – потенциал электрода; I – электродный ток; $\phi_{1/2}$ – потенциал полуволны, зависящий от природы определяемых ионов; $I_{\rm np}$ – предельный ток диффузии; R=8.31 Дж/(моль·К)— газовая постоянная; T –температура; z – количество электронов, участвующих в реакции; F - постоянная Фарадея.

Так как предельный ток диффузии (2) со временем уменьшается, то повторно снятые полярограммы будут существенно отличаться от предыдущих, что делает результаты измерений невоспроизводимыми. Поэтому перед каждым новым измерением требуется обновление поверхности электрода и приэлектродных слоёв анализируемого электролита. Наилучшие результаты достигаются при использовании ртутных капельных электродов [2, с. 195], которые, не смотря на токсичность ртути, получили широкое распространение.

Чувствительность классической полярографии составляет 10^{-5} моль/л, а разрешающая способность (максимальное отношение концентраций кадмия и меди, при котором они различаются в одном фоне) — около 10 [2, с. 165]. Параллельная запись полярограммы чистого фона (разностная полярография), позволяет повысить чувствительность в 10-100 раз. Предварительное электролитическое концентрирование определяемых веществ на поверхности измерительного электрода (инверсионная полярография) позволяет повысить чувствительность ещё в 100-1000 раз. За счёт применения дифференциальной методики удаётся в 10 раз повысить разрешающую способность.

В переменнотоковой полярографии вместе с постоянным, медленно изменяющимся напряжением, к электродам прикладывается переменное напряжение малой амплитуды. Форма импульсов переменного напряжения может быть прямоугольной (квадратноволновая полярография), или синусоидальной (векторная полярография). За счёт учёта мешающего влияния емкостного тока это позволяет повысить чувствительность метода до 10^{-6} - 10^{-8} моль/л, а так же увеличить его разрешающую способность до 2000.

В осциллографической полярографии скорость развёртки потенциала составляет 1 В/с и более. Это позволяет существенно снизить продолжительность измерений. При этом за счёт увеличения предельного тока диффузии, чувствительность метода увеличивается до 10^{-6} моль/л. При ступенчатом увеличении напряжения, за счёт уменьшения помех от емкостных токов, чувствительность увеличивается до 10^{-7} моль/л. Разрешающая способность осциллографической полярографии находится в пределах 1000-3000.

Метод хронопотенциометрия основан на измерении зависимостей электродного потенциала от времени после включения в цепи постоянного тока. В момент включения электродный ток имеет емкостную природу и идёт на заря-

жение двойного электрического слоя. Это приводит к быстрому изменению электродного потенциала. При приближении к потенциалу начала электрохимической реакции основная часть электродного тока начинает протекать за счёт фарадеевских процессов и скорость изменения потенциала замедляется. Когда предельный ток диффузии (2) снижается ниже электродного тока, фаредеевские процессы уже не могут поддерживать его прежнюю величину. Это приводит к увеличению емкостной составляющей электродного тока и повышению скорости изменения электродного потенциала.

Снятые таким образом хронопотенциограммы напоминает перевёрнутую полярографическую кривую [4, с. 57]. Форма отдельной хронопотенциографической волны описывается уравнением [4, с. 31]

$$\varphi = \varphi_{1/2} - \frac{RT}{zF} \ln \left(\frac{\sqrt{\tau} - \sqrt{t}}{\sqrt{t}} \right), \tag{4}$$

где τ – переходное время, которое согласно (3) прямо пропорционально квадрату концентрации определяемого вещества и обратно пропорционально электродному току; t – время, прошедшее с момента включения тока;

Потенциал переходного участка по пришествия четверти переходного времени равен потенциалу полярографической полуволны. Он используется для качественной характеристики определяемого вещества, так как его величина не зависит ни от концентрации вещества, ни от применяемой силы тока.

Экспериментально установлено, что лучше всего согласуются с теорией хронопотенциограммы, содержащие переходные участки с длительностью 10^{-3} с $<\tau<60$ с. Форма слишком коротких участков существенно искажается за счёт увеличения в общем электродном токе доли миграционного тока, идущего на заряжение приэлектродного двойного электрического слоя, а слишком длинных — за счёт конвекции анализируемого электролита.

Вследствие того, что переходное время мало подвержено влиянию загрязнения измерительного электрода, хронопотенциометрия обеспечивает более высокую воспроизводимость измерений. Её недостатком является нелинейная зависимость переходного времени от концентрации, не только усложняющая обработку результатов измерений, но и заметно снижающая их точность в области малых концентраций. Поэтому хронопотенциометрия уступает полярографии по точности и разрешающей способности.

Чувствительность хронопотенциометрического метода составляет 10^{-4} моль/л [2., с.168] и может быть увеличена до 10^{-6} моль/л при компенсации или учёте мешающего влияния емкостного тока [4, с. 65]. При этом в интервале концентраций $10^{-5} - 10^{-3}$ моль/л ошибка измерений не превышает 1.5%. Разрешающая способность метода находится в пределах от 3 до 10.

Методы потенциометрического анализа основаны на измерении равновесных потенциалов, возникающих в результате поляризации электрода. Для электрода первого рода, представляющего собой металл, помещённый в раствор, содержащий собственные ионы зависимость равновесного потенциала от активности ионов описывается уравнением Нернста [5, с. 14]

$$\varphi = \varphi^0 + \frac{RT}{zF} \ln aMe^{z+}, \tag{5}$$

где aMe^{z^+} - активность ионов (в разбавленных растворах активность ионов приблизительно равна их концентрации); ϕ^0 - стандартный электродный потенциал, возникающий в электролите с активностью $aMe^{z^+}=1$ моль/л.

Присутствие посторонних веществ может приводить к существенному изменению равновесного потенциала, что обуславливает невысокую селективность электродов 1-го рода. Среди чистых металлов наиболее приемлемыми свойствами для их изготовления обладают только ртуть и серебро.

В случае электродов 2-го рода кроме различных окислительновосстановительных систем на их работу оказывают мешающее влияние различные анионы, образующие нерастворимые соли с катионом метала электрода. Следовательно, специфичность этих электродов так же невысока.

Чувствительность электродов 2-го рода ограничена растворимостью применяемой в них малорастворимой соли, так как в случае уменьшения концентрации определяемого иона до концентрации малорастворимой соли электродная функция перестаёт подчиняться уравнению Нернста (5).

Повышенной селективностью определения ионов обладают мембранные электроды, принцип действия которых основан на использовании селективной проводимости материала мембраны. При разделении такой мембраной двух растворов с концентрациями проникающих через ней ионов C_0 и C, на ней возникает концентрационная разность потенциалов

$$\Delta \varphi = \frac{RT}{zF} \ln \frac{C}{C_0} \,. \tag{6}$$

Электроды с твёрдыми мембранами обладают очень высокой селективностью по отношению к определяемым ионам. Их чувствительность находится в диапазоне 10^{-6} - 10^{-8} моль/л [2, с. 23] и ограничивается в основном растворимостью малорастворимой соли мембраны. Электроды с жидкой мембраной менее селективны и менее чувствительны (до 10^{-5} моль/л), но они пригодны для определения значительно более широкого спектра веществ.

Верхний предел чувствительности потенциометрического метода ограничен точностью измерения равновесного электродного потенциала. Высокое сопротивления измерительных цепей (сопротивление стеклянного электрода достигает 500МОм и более) делает эту задачу весьма затруднительной даже при использовании самых современных электрометров, так как высокоомные цепи подвержены очень сильному влиянию различных шумов и помех, а так же очень чувствительны к состоянию их электрической изоляции.

В ходе потенциометрического анализа исследуемый раствор практически не изменяется. В растворах постоянного состава дрейф равновесного потенциала электродов обычно очень невелик (1-2мВ в неделю), что позволяет проводить длительные измерения без проведения повторной калибровки. Недостатком метода является большая инерционность ионоселективных электродов, достигающая при малых концентрациях 10-15 минут [5, с. 173].

Импедансные методы основаны на измерении пассивных электрических параметров столба электролита. В отличие от других электрохимических методов они позволяют исследовать не только поверхностные, но и удалённые от поверхности электродов участки. К разновидностям импедансного метода можно так же отнести кондуктометрию и диэлектрометрию.

Кондуктометрический метод основан на измерении удельной электропроводности электролитов, которая, в случае сильно разбавленных растворов, прямо пропорциональна концентрации растворённых ионов [6, с. 151]

$$\chi_0 = F \sum z_i^2 C_i u_i \,. \tag{7}$$

где C_i , z_i и u_i — концентрация, относительный заряд и абсолютная скорость ионов при единичной напряженности поля, F — постоянная Фарадея.

В случае насыщенных растворов зависимость электропроводности от концентрации перестаёт быть линейной. При ионной силе J< 0.1 моль/л она хорошо описывается эмпирическим уравнением Робинсона — Стокса [7, с. 24]

$$\chi = \chi_0 - \frac{0.23\chi_0 + 30.32}{1 + 0.99\sqrt{J}}\sqrt{J},\tag{8}$$

где χ_0 – электропроводность раствора при бесконечном разбавлении. Кондуктометрические измерения проводят в специальных ячейках, имеющих стабильную форму межэлектродного пространства (рис. 1).

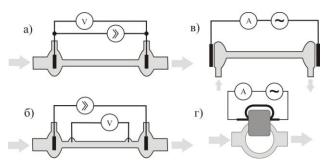


Рисунок 1 — Конструкции проточных кондуктометрических ячеек а) двухэлектродная, б) четырёхэлектродная, в) емкостная, г) индуктивная

Низкая инерционность кондуктометрических датчиков позволяют регистрировать очень быстрые изменения состава контролируемого раствора. Чувствительность метода сравнительно невысока и составляет 10^{-4} моль/л, при точности 0,1-2% [2, с. 90]. Главным недостатком метода является очень низкая селективность, что позволяет его использовать для определения концентрации только одного компонента в многокомпонентных растворах, при условии, что концентрация остальных компонентов остаётся постоянной.

Диэлектрометрический метод основан на измерении диэлектрической проницаемости. В разбавленных растворах неполярного растворителя её взаимосвязь с соотношением концентраций полярных молекул растворённых веществ достаточно точно описывается уравнением Дебая [8, с. 20]

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} = \frac{4}{3} \pi N_A \sum_i C_i \left(\alpha_i + \frac{p_i^2}{2kT} \right), \tag{9}$$

где α_i, p_i и C_i — поляризуемость, дипольный момент и концентрация молекул, N_A =6.6·10²³ — число Авогадро, k=1.386·10⁻²³ — постоянная Больцмана.

Для максимальной чувствительности диэлектрометрическая ячейка должна иметь минимальный межэлектродный зазор и максимальное поперечное сечения. Для измерений применяется токи высокой частоты (более 1 МГц), на которых поляризации электродов практически не проявляется.

Диэлектрометрия используется преимущественно для исследования диэлектриков, идентификации и определения степени чистоты индивидуальных органических соединений и определения содержания полярных молекул в неполярной среде. Точность определения содержания влаги может достигать 0.01% [2, с. 283], что соответствует чувствительности 5·10⁻³ моль/л.

Импедансные методы могут применяться так же и для исследования процессов диффузии, электрохимического превращения и специфической адсорбции молекул, происходящих на поверхности поляризованного электрода. В данном случае поляризационное сопротивление является не мешающим фактором, а целью измерения, поэтому для измерений применяются сильно поляризующиеся электроды из гладких металлов (Au, Hg, Pb, Sn).

Интерпретация результатов измерений при этом осуществляется в рамках структурных моделей поляризационного импеданса. Так, например, при исследовании электрохимических превращений в условиях диффузии реагирующих веществ может использоваться модель Рэндлса-Эшлера [9, с. 60-61], состоящая из 4-х структурных элементов (рис. 2).

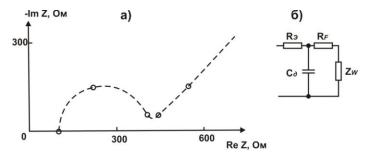


Рисунок 2 — Модель импеданса поляризованного электрода а) диаграмма Найквиста, б) эквивалентная схема замещения

В этой модели элементы R_9 и C_{δ} – характеризуют сопротивление столба электролита и ёмкость двойного электрического слоя. R_F – характеризует сопротивление фарадеевского процесса, которое определяется как [9, с. 56]

$$R_F = \frac{RT}{(zF)^2 S} \left[\alpha C_{OX} k_F e^{-\alpha \frac{zF}{RT}\eta} + (1 - \alpha) C_{RED} k_B e^{(\alpha - 1) \frac{zF}{RT}\eta} \right]^{-1}, \quad (10)$$

где z — число электронов, участвующих в реакции, α — коэффициент переноса; k_F и k_B — константы скорости прямой и обратной реакций; C_{OX} и C_{RED} — концентрации окисленных и восстановленных ионов деполяризатора; η — электродное перенапряжение; S — площадь поверхности электрода.

Импеданс Варбурга Z_W , сдвигающий фазу на 45^0 , характеризует протекание диффузионных процессов. Его величина определяется как

$$Z_{W} = R_{F} \left[k_{F} \left(\omega D_{O} \right)^{-1/2} + k_{F} \left(\omega D_{R} \right)^{-1/2} \right] (1 - j), \tag{11}$$

 $D_{\it O}$ и $D_{\it R}$ – коэффициенты диффузии окисленных и восстановленных ионов.

В медицине и косметологии импедансный метод применяется для анализа химического состава тела in vivo. С его помощью определяется количество

жировой массы, содержание жидкости в тканях, а так же - параметры гемодинамики организма. Измерения проводятся в диапазоне частот от 500 Гц до 1 МГц, при использовании зондирующего тока силой не более 2 мА. [10, с. 224]. При описании импеданса живой ткани наибольшее распространение получила трёхэлементная модель Коула [11, с. 52-53], для интерпретации которой используются различные полуэмпирические формулы [11, с. 115-116].

Резюмируя вышеизложенное можно заключить, что наиболее информативными методами электрохимического анализа являются контактные методы. В настоящее время не существует единой математической модели способной адекватно описать этих методов и каждый из них базируется на своей упрощённой частной модели, соответствие которой достигается за счёт создания специальных условий измерений. Именно в этом кроется главная причина большинства фундаментальных ограничений информативности измерений. Поэтому разработку новых математических моделей электрод-электролит следует рассматривать как основной путь решения проблемы воспроизводимости измерений, устранения необходимости применения фонового электролита, повышения чувствительности и разрешающей способности контактных методов.

Практически все бесконтактные методы базируются на линейной модели столба электролита, заведомо исключающей возможность достижения высокой информативности измерений, так как в её рамках свойства гомогенной среды характеризуются только двумя параметрами, точность измерения которых ограничена уровнем шумов и ошибкой линеаризации. В данном случае переход к нелинейным моделям столба электролита представляется как единственная возможность осуществления селективных измерений и существенного повышения их точности. Разработка таких моделей оправдана в первую очередь для гетерогенных сред, в частности – биологических тканей живого организма, нелинейные свойства которых проявляются весьма отчётливо [12].

Список литературы

- 1. Агасян П.К., Хамракулов Т.К. Кулонометрический метод анализа. М.: Химия, 1984. 168 с.
- 2. Лопатин Б.А. Теоретические основы электрохимических методов анализа. Учеб. пособие для ун-тов. – М.: «Высш. школа», 1975. – 295 с.
- 3. Гейровский Я., Кута Я. Основы полярографии/ пер. с чешского В.П. Гультяя и В.А. Кузнецова; под ред. д.х.н. С.Г. Майрановского. М.: Изд-во «Мир», 1965. 559 с.
- 4. Захаров М.С., Баканов В.И., Пнёв В.В. Хронопотенциометрия (Метод аналитической химии). М.: Химия, 1978. 200 с.
- 5. Мидгли Д., Торенс К. Потенциометрический анализ воды/ Пер. с англ. Б.Г. Кахана; под ред. д.х.н. С.Г. Майрановского. М.: «Мир», 1980. 516 с.
- 6. Дамаскин Б. Б. Петрий О. А. Введение в электрохимическую кинетику: Учеб. пособие для студентов хим. спец. ун-тов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. школа, 1983. — 400 с.
- 7. Худякова Т.А., Крешков А.П. Кондуктометрический метод анализа. Учеб. пособие для вузов. М.: «Высшая школа», 1975. 207 с.
- 8. Надь Ш.Б. Диэлектрометрия/ Пер. с венгерского, под. Ред.В.В. Малова. М.: «Энергия», 1976. 200 с.
- 9. Электрохимический импеданс/ З.Б. Стойнов, Б.М. Графов, Б.С. Савова-Стойнова, В.В. Елкин. - М.: «Наука», 1991. – 336 с.

- 10. Николаев Д.В. Биоимпедансный анализ состава тела/ Д.В. Николаев, А.В. Смирнов, И.Г. Бобринская, С.Г. Руднев. М.: Наука, 2009. 392 с.
- 11. Мартиросов Э.Г. Технологии и методы определения состава тела человека / Э.Г. Мартиросов, Д.В. Николаев, С.Г. Руднев. М.: Наука, 2006. 248 с.
- 12. Киреев А.В. О нелинейной природе импеданса биологических тканей. Известия ЮФУ. Технические науки. №8 (109). Таганрог, 2010, С 115.

УДК 620.197.1

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПРОЦЕССА ПИТТИНГОВОЙ КОРРОЗИИ СТАЛИ

- © **В.В. Рыжаков**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © **М.В. Рыжаков**, Московский физико-технический институт (государственный университет) (г. Москва, Россия)
- © **М.Ю. Рудюк,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © **А.И. Расстегаев**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

INVESTIGATION OF THE STOCHASTIC COMPONENT OF THE PROCESS PITTING CORROSION OF STEEL

- © V.V. Ryzhakov, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © M.V. Ryzhakov, Moscow Institute of Physics and Technology State University (Moscow, Russia)
 - © M. Y. Rudyuk, Penza State Technological University (Penza, Russia)
 - © A. I. Rastegaev, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье предложена методика оценивания стохастической составляющей процесса питтинговой коррозии на основе использования моделей случайных стационарных функций и элементов корреляционного анализа, которые позволяют оценить СКО амплитуд гармоник. Данные характеристики могут быть использованы при оценивании устойчивости (не устойчивости) процесса коррозии.

Ключевые слова: питтинговая коррозия, потенциал коррозии, амплитуда гармоник, корреляционная функция, дисперсия.

The paper proposes a method of estimating the stochastic component of the process of pitting corrosion through the use of models of stationary random functions and elements of the correlation analysis, which allow to evaluate the RMS amplitudes of the harmonics. These characteristics can be used for estimation of stability (instability) of the corrosion process.

Key words: pitting, corrosion potential, the amplitude of the harmonics, the correlation function, the variance.

Питтинговая коррозия – один из видов локальной коррозии; она характеризуется ускоренным растворением относительно небольших участков поверхности при сохранении пассивного состояния основной поверхности металла [1]. Развитие питтинга проходит через стадии инициирования, стабильного развития и репассивации, продолжительность которых варьируется в широких пределах. На достаточно больших участках металла одновременно растет несколько питтингов, которые отличаются периодом развития. Таким образом, можно говорить о цикличности процесса и применять для его изучения гармо-

нический анализ [2]. В качестве контролируемого фактора удобно использовать потенциал коррозии из-за его информативности и простоты мониторинга.

Динамика потенциала коррозии при возникновении питтинга хорошо изучена и подробно описана в литературе [3]. В зависимости от стойкости стали к питтинговой коррозии после начального подъема потенциала коррозии, который соответствует образованию пассивной пленки, происходит либо плавный сдвиг потенциала в отрицательную область, что соответствует образованию устойчивых питтингов, либо имеют место периодические скачки потенциала в отрицательную область с последующим возвратом к первоначальному значению, что свидетельствует о неустойчивом характере питтингообразования [4]. Данная закономерность была похожим образом интерпретирована в [5], где говорится о том, что при потенциале бифуркации, численно совпадающем с потенциалом репассивации, происходит переход от апериодического процесса взрывного характера с большой амплитудой к хаотическим колебаниям малой амплитуды. Апериодические колебания тока анодного растворения, связанные с точечными пробоями пассивной пленки на поверхности анода [6] – неотъемлемый признак питтинговой коррозии. Так, при появлении в растворе хлоридов (невысокой концентрации – порядка $5 \cdot 10^{-3} \; \text{M}$) происходят периодические колебания потенциала, когда происходит быстрое снижение потенциала и дальнейшее относительно медленное возвращение его к первоначальному значению [7].

В работе [8] периодический характер питтинговой коррозии был исследован на систематическом уровне. При этом на испытуемый электрод воздействовали импульсной гальваностатической поляризацией. Была зафиксирована «резонансная частота», при которой изменения тока и потенциала совпадают по фазе, а реактивное сопротивление проходит через нуль. Авторами [8] также был предложен циклический потенциостатический метод мониторинга пассивного состояния хромоникелевых сталей, в котором сигналом об опасности возникновения питтингов является петля на вольтамперограмме, которая свидетельствует о явлениях гистерезиса, связанных с изменением состава раствора внутри питтингов.

Зависимость потенциала коррозии $\, arphi_{\!\scriptscriptstyle \kappa op} \,$ от времени au можно разложить в ряд Фурье и представить в виде суммы:

$$\varphi_{\kappa op}(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} \left(a_i \cos \omega_i t + b_i \sin \omega_i t \right)$$
 (1)

где $a_0, a_1, ... a_i, b_1, ... b_i$ – коэффициенты. Они оцениваются по формулам:

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \varphi_{\kappa op}(t) dt$$
 (2)

$$a_{j} = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \varphi_{\kappa o p}(t^{*}) \cos(\omega_{j} t^{*}) dt^{*}$$

$$b_{j} = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \varphi_{\kappa o p}(t^{*}) \sin(\omega_{j} t^{*}) dt^{*}$$
(4)

$$b_{j} = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \varphi_{\kappa o p}(t^{*}) \sin(\omega_{j} t^{*}) dt^{*}$$
(4)

где t` - время эксперимента, приведенное к пределам $(-\pi; \pi)$; ω_j — частота колебания, c^{-1} .

Амплитуду ω_{j} - го колебания можно найти по формуле:

$$c_j = \sqrt{a_j^2 + b_j^2} \tag{5}$$

Быстрое преобразование Фурье проявило себя менее удобным и объективным в приложении к вышеописанной задаче, поэтому авторы использовали математическую модель (1-4).

Авторами исследовалась питтинговая коррозия стали 12X18H10T в растворах треххлористого железа при температуре 20 °C. Концентрацию $FeCl_3$ -6 H_2 0 варьировали в пределах 0,015...0,15 Моль/л.

В ходе экспериментов измеряли потенциал коррозии с помощью потенциостата ПИ-50-1.1. и хлорсеребряного электрода сравнения. Данные записывались на персональном компьютере с использованием USB-осциллографа DiSco. Далее производился гармонический анализ с помощью системы символьной математики Mathcad 14.0.

В результате анализа полученных данных было установлено без учета их стохастичеких свойств, что коэффициент c_0 монотонно снижается с увеличением концентрации треххлористого железа, что соответствует снижению потенциала свободной коррозии (рис. 1).

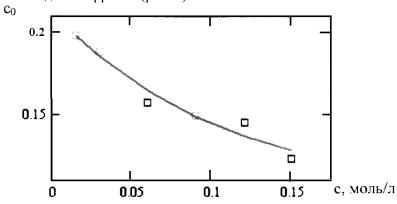


Рисунок 1 — Зависимость амплитуды колебания (n=0) коэффициента c_0 от концентрации трихлорида железа.

Далее исследовалась скорость и характер уменьшения коэффициентов Фурье во взаимосвязи с максимальной глубиной образовавшихся питтингов. В качестве критериев скорости спада были выбраны номер коэффициента n, когда:

- впервые $c_n \le 0,1$ (критерий 1);
- прекращается спад коэффициентов Фурье, т.е. впервые $c_n \ge c_{n-1}$ (критерий 2)

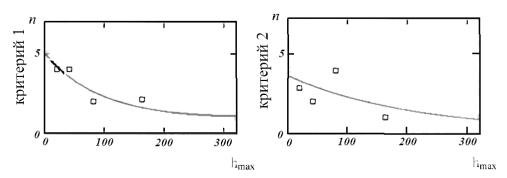


Рисунок 2 — Зависимость номера гармоники n, при котором впервые амплитуда n^{co} колебания становится меньше 0,1 (критерий 1) и номера гармоники, при котором прекращается спад амплитуды колебаний (критерий 2) от максимальной глубины питтинга

Как видно из графиков, имеет место прямая связь между скоростью спада коэффициентов Фурье и максимальной глубиной питтинга. Известно, что стохастичность функции и скорость спада коэффициентов Фурье связаны обратной зависимостью. Таким образом, образованию на электроде питтинга, проявляющего устойчивый рост и вырастающего до большой глубины, соответствует закон изменения потенциала коррозии, который описывается более аналитической функцией. И, наоборот, неустойчивое питтингообразование соответствует более стохастическому характеру зависимости потенциала коррозии от времени.

Полученные результаты позволяют утверждать, что математический аппарат гармонического анализа зависимости потенциала свободной коррозии от времени может быть эффективным инструментом анализа и мониторинга питтинговой коррозии. Его достоинства — формализация информации и ее обобщение.

Предложенный математический аппарат [8] предполагает для своей реализации детерминистски характер $\mathcal{Q}_{\kappa op}(t)$. Но это предположение противоречит результатам [4,5] и [6], если учитывать случайный характер точечных пробоев пассивно пленки.

Для разрешения этого противоречия следует использовать другой аппарат, позволяющий учитывать стохастический характер $\varphi_{\kappa op}(t)$ т.е. стохастическую составляющую. В данном случае целесообразно использовать стохастические модели случайных стационарных функций [11]. Последнее свойство можно выразить с определенной степенью приближения экспериментальных данных $\{\varphi_{\kappa op}(t_i)\}$ сглаживающей кривой $\widetilde{\varphi}_{\kappa op}(t_i)$ и стохастической составляющей

$$\stackrel{\circ}{\varphi_{\kappa op}}(t_i) = \varphi_{\kappa op}(t_i) - \widetilde{\varphi}_{\kappa op}(t_i) \tag{6}$$
 где t_i - момент времени контроля $\varphi_{\kappa op}(t)$, $i \in \{0,1,\ldots,m\}$

Совокупность $\left\{ \stackrel{\circ}{\varphi}_{\kappa op}(t_i) \right\}$ - при правильном подборе модели $\left. \varphi(t) \right.$ отве-

чает свойствами стационарности. Правильность подбора $\widetilde{\varphi}(t)$ следует проверять, используя коэффициент детерминации

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^{m} \left[\varphi_{\kappa o p}(t_i) - \widetilde{\varphi}_{\kappa o p}(t_i) \right]^2}{\sum_{i=1}^{m} \left[\varphi_{\kappa o p}(t_i) - \overline{\varphi}_{\kappa o p} \right]^2}}$$
(7)

где $\overline{\varphi}_{\kappa op} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} \varphi_{\kappa op}(t_i);$

Теперь, используя (6), можно оценить автокорреляционную функцию

$$K_{\varphi}(\tau) = K_{\varphi}(t_i; t_i + \tau) = \frac{1}{m - k} \sum_{i=1}^{m - k} \stackrel{\circ}{\varphi}_{\kappa op}(t_i) \cdot \stackrel{\circ}{\varphi}_{\kappa op}(t_i + \tau), \tag{8}$$

где k — число дискретных шагов по времени на отрезке τ с учетом сглаживания кривой $\widetilde{K}_{\varphi}(\tau)$ можно оценить дисперсию D_j амплитуда j-ой гармоники в (1) по формуле:

$$D_{j} = \frac{4}{T_{1}} \int_{0}^{T_{1/2}} \widetilde{K}_{\varphi}(\tau) \cdot \cos \omega_{j} \tau d\tau, \tag{9}$$

где D_j - дисперсии j-х амплитуд разложения (1); $\ \omega_j$ - частота кратная $\ \omega_1$ $\ \omega_1 = \frac{2\pi}{T} \ , \ T$ — период колебаний первой гармоники.

Результаты $\{D_j\}$ - позволят оценить доверительные интервалы области существования графиков (рис 1. примет вид рис. 3).

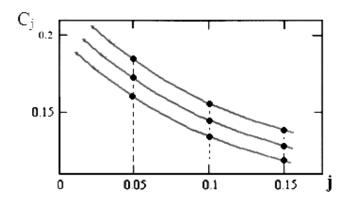


Рисунок 3 — Графики зависимости амплитуд c_0 с учетом влияния стохастической составляющей процесса коррозии

Информация, получаемая при анализе гармоник, является нечеткой. Поэтому в последствии для ее обработки могут быть задействованы искусствен-

ные нейронные сети [9,10]. При этом для обучения нейронной сети необходимо составить или выбрать наборы коэффициентов гармоник, являющихся типичными при наличии питтинга и при его отсутствии. Данный анализ осуществим в реальном масштабе времени. Обобщение и обработку информации при этом следует проводить с определенной дискретнстью по времени.

Список литературы

- 1. Колотыркин Я.М. Основы теории развития питтингов / Я.М. Колотыркин, Ю.А. Попов, Ю.В. Алексеев // Сб. Итоги науки и техники. Сер. Коррозия и защита от коррозии. М.: Изд-во ВИНИТИ, 1982, Том 9. С. 88—138.
- 2. Курс математического анализа. В 3 томах. Том 3. Гармонический анализ. Элементы функционального анализа / Кудрявцев ЈІ. Учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Дрофа. 2006, 352 с.
- 3. Кулонометрический метод измерения параметров роста коррозионного питтинга на локально-активированных электродах / Рудюк М.Ю. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза, 2010, С. 5.
- 4. Томашов Н.Д. Электрохимическое исследование питтинговой коррозии нержавеющих хромоникелевых сталей, модифицированных V, Si, Mo или Re / Н.Д. Томашов, О.Н. Маркова, Г.П. Чернова // Коррозия и защита металлов: Сборник научных трудов.- М.: Наука, 1970.- с. 110 117.
- 5. Электрохимическая неустойчивость, вызванная питтинговой коррозией железа / Сазоу Д., Пагитас М. / Электрохимия. 2006, №5, с. 535-550.
- 6. Устойчивость металлокерамических корпусов к климатическим факторам / Афонов О.Н. / Вестник Поволжского государственного технологического университета. 2008. № 3. с. 79.
- 7. Электрохимические исследования локальной коррозии стали 40X13 в условиях различного анионного состава среды / Круткина Т.Г., Клешнина Е.Г. / Вестник Удмуртского университета. 2011, №1, с. 77-83.
- 8. Питтинговая коррозия металлов и многослойных систем (исследование, моделирование, мониторинг) / Кайдриков Р.А., Виноградова С.С. / Вестник Казанского технологического университета. 2010, №4, с. 219.
- 9. Рыжаков В.В., Рудюк М.Ю., Рыжаков М.В., Кулаева Т.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Percepteron Study 1.0» Москва, ФИПС, №2012660623.
- 10. Методология диагностирования состояния объектов на основе нечеткой информации / Рыжаков В.В., Рыжаков М.В., Рыжаков К.В. / Безопасность в техносфере. 2009, N25, с. 7-11.
- 11. Рыжаков В.В., Рудюк М.Ю., Холуденева А.О. Средства и методы управления качеством. Учебное пособие с грифом УМО Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» в области прикладной математики и управления качеством //. Пенза. Изд-во: ПензГТУ, 2015г.

УДК 504.75

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ДАННЫХ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПРОГНОЗА

- © **Ю.О.** Логвин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Т.А. Шарков,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

THE USE OF SOME EBVIROMENTAL MONITORING TO PREDICTING

- © Y.O. Logvin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © T.A. Sharkov, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье рассматривается возможность более полного использования данных Обзора загрязнения природной среды для оценки степени загрязнения и прогнозирования её состояния. Несмотря на неопределённость точности измерений, количества измерений в каждом конкретном случае, а также огромное количество учитываемых источников, предлагается использовать построение функций, позволяющих описать тенденции изменения состояния атмосферы не только качественно, но и количественно.

Ключевые слова: атмосфера, загрязнение, метан, закись азота, диоксид углерода, функция, прогноз.

The possibility of making fuller use of data Survey of environmental pollution to assess the extent of contamination and the prediction of its condition. Despite the uncertainty of the measurement accuracy, the number of measurements in each case, as well as a huge number of sources taken into account, it is proposed to use the building functions that allow you to describe trends in the state of the atmosphere, not only qualitatively but also quantitatively.

Key words: atmosphere pollution, methane, nitrous oxide, carbon dioxide, a function prognosis.

E-mail: Olga_kr@list.ru

Рассмотрим некоторые обобщенные характеристики и оценки состояния составляющей природной среды (атмосферного воздуха), полученные по данным наблюдений государственной сети, являющейся основой осуществления мониторинга состояния природной среды в Российской Федерации, и приведённые в Обзоре загрязнения природной среды Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

«Подготовленная информация ориентирована также на ее использование для комплексной оценки последствий влияния неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье населения, наземные и водные экосистемы. Информация о динамике и фактических уровнях загрязнения позволяет использовать эти данные также для оценки эффективности осуществления природоохранных мероприятий с учетом тенденций и динамики происходящих изменений» [1].

Рассмотрим данные за 1990...2004 годы (табл.1), показывающие размеры выбросов газов в атмосферу метана, закиси азота и диоксида углерода в сельском хозяйстве России. К сожалению, такие данные слабо отражают реальную картину состояния атмосферы в текущий момент времени, но хорошо показывают вклад указанных источников в уровень загрязнения.

Данные, приведённые Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромет, позволяют осуществить прогноз размеров выбросов в случае отсутствия чрезвычайных ситуаций.

Таблица 1— Выбросы метана и закиси азота в сельском хозяйстве России в 1990, 1998 и 2000-2004 гг.

Категории ис-	Выбросы, тыс.т/год								
точников, газ	1990	1998	2000	2001	2002	2003	2004		
Внутренняя ферментация сельскохо- зяйственных животных, СН4	4488,5	2341,8	2066,5	2100,1	2092,2	2031,4	1966,5		
Системы сбора, хранения и использо- вания навоза и помета, СН4	385,0	205,6	190,4	187,4	188,5	191,5	181,9		
Системы сбора, хранения и использо- вания навоза и помета, N2O	171,6	83,7	75,1	76,0	76,6	75,7	73,7		
Выращивание риса, СН4	114,8	58,4	70,0	61,6	59,6	62,4	53,2		
Прямые выбросы от сельско- хозяйст- венных земель, N2O	336,1	180,5	183,4	184,5	184,7	176,1	192,7		
Содержание скота в загонах и на па- стбищах, N2O	33,1	18,4	17,8	17,4	16,9	17,0	16,7		
Косвенные выбросы от сельскохозяй- ственных зе- мель, N2O	156,8	61,8	58,8	58,0	59,2	57,3	56,0		

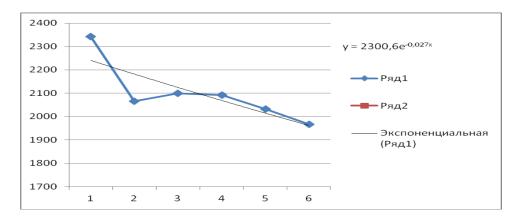
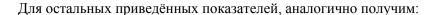


Рисунок 1.1.— Выбросы метана, внутренняя ферментация сельскохозяйственных животных, СН4,1998...2004 гг.

Воспользуемся полученным уравнением для определения предполагаемых выбросов метана от внутренней ферментации сельскохозяйственных животных в 2005 году. Получим $2300e^{-0.02x} = 2001,41$, что вполне сопоставимо с реальными данными за 2005 год [2].



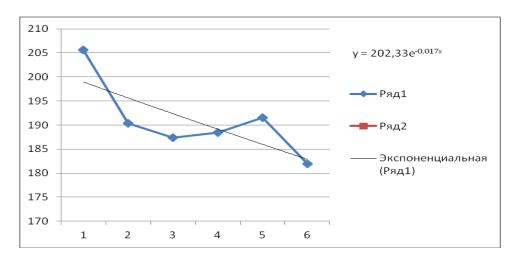


Рисунок 1.2.— Выбросы метана, системы сбора, хранения и использования навоза и помета, CH4,1998...2004 гг.

откуда
$$202.3 \cdot e^{-0.01x} = 188.71$$
:

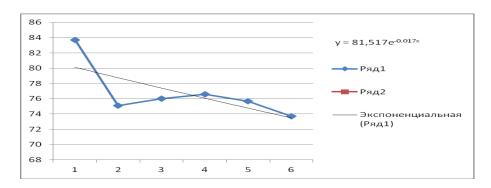


Рисунок 1.3.— Выбросы закиси азота, системы сбора, хранения и использования навоза и помета, N2O,1998...2004 гг.

откуда
$$81,51 \cdot e^{-0,01x} = 76,04$$
;

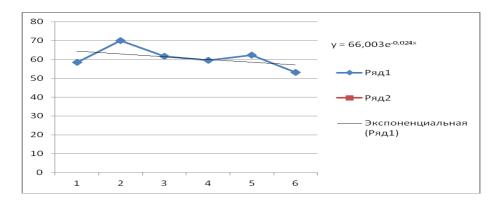


Рисунок 1.4.— Выбросы метана, выращивание риса, CH4,1998...2004 гг. откуда $66,00 \cdot e^{-0,02x} = 57,43$;

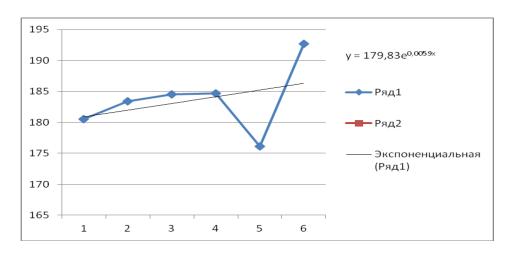


Рисунок 1.5. – Прямые выбросы от сельскохозяйственных земель, N2O,1998...2004 гг.

откуда 179,8 · $e^{0,005x} = 186,16$;

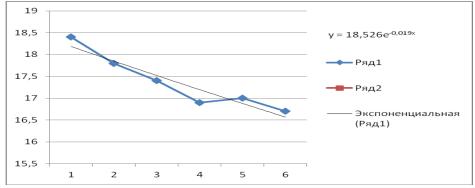


Рисунок 1.6.— Выбросы закиси азота, содержание скота в загонах и на пастбищах , N2O,1998...2004 гг.

откуда
$$18,52 \cdot e^{-0.01x} = 17,28$$
;

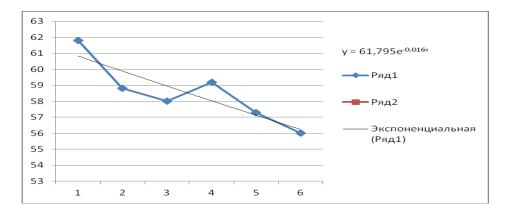


Рисунок 1.7.— Косвенные выбросы от сельскохозяйственных земель, N2O,1998...2004 гг.

откуда $61,79 \cdot e^{-0,01x} = 67,64$, что также выглядит вполне убедительно.

Таким образом, на основе данных, изложенных Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромет в Обзоре загрязнения природной среды в Российской Федерации за 2005 год, можно математические модели [3], [4], что позволит не только получить графики и диаграммы отражающие общие тенденции степени загрязнения атмосферного воздуха, но и делать прогнозы.

Воспользуемся ещё одной таблицей с целью осуществления прогноза, который сейчас легко проверяем ввиду того, что событие уже наступило и данные были сняты.

Таблица 2 — Выбросы диоксида углерода в секторе «Землепользование, изменения землепользования и лесное хозяйство» в 1990, 1998 и 2000-2004 гг.

MONICHICHMA JCM.	ismenental semilenoilisobatha i nechoc kosanetbon b 1990, 1990 ii 2000 200 i 11.									
Категории	Выбросы млн. т /год									
источников, газ	1990	1998	2000	2001	2002	2003	2004			
Лесозаготовки, СО2	443,9	174,0	224,7	221,9	220,5	232,8	238,5			
Лесные пожары, СО2	36,8	106,2	33,5	19,3	32,8	54,4	14,3			
Известкование почв, CO2	13,82	1,01	1,24	1,19	1,10	1,14	1,06			

Данные за 1990 год сильно отличаются от последующих и значительно удалены по времени, поэтому не будем их учитывать в построении наших графиков.

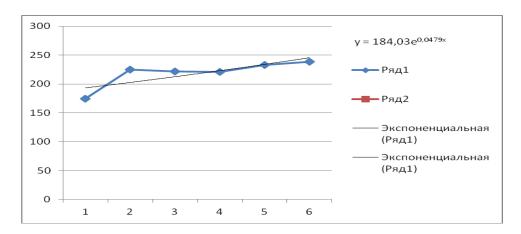


Рисунок 2.1. – Выбросы диоксида углерода, лесозаготовки, CO2,1998...2004 гг. Используем аналогичный подход, получим $184,0\cdot e^{0,047}=255,12$;

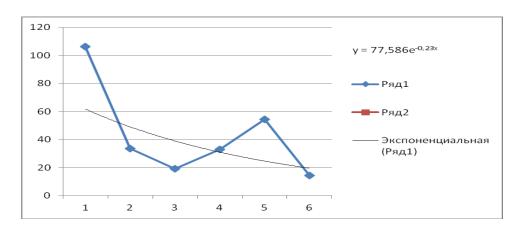


Рисунок 2.2.— Выбросы диоксида углерода, лесные пожары, CO2,1998...2004 гг. откуда имеем $77,58 \cdot e^{-0,23x} = 15,68$;

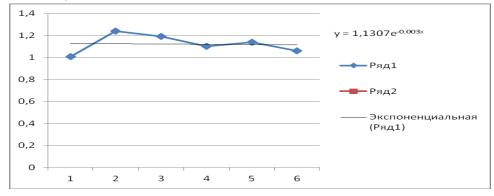


Рисунок 2.3.— Выбросы диоксида углерода, известкование почв, CO2,1998...2004 гг.

получаем $1{,}130 \cdot e^{-0{,}00x} = 1{,}130$, то есть величина постоянная, что и видно из графика. Данные о выбросах от лесозаготовок и лесных пожаров не включаются в оценку общего баланса по сектору.

Таблица 3 — Выбросы метана и закиси азота в секторе «Землепользование, изменения землепользования и лесное хозяйство» в 1990, 1998 и 2000-2004 гг.

Категории источников,		Выбросы тыс. т /год								
газ	1990	1998	2000	2001	2002	2003	2004			
Лесные пожары, СН4	173,0	499,3	157,3	90,8	154,2	255,9	67,2			
Лесные пожары, N2O	1,2	3,4	1,1	0,6	1,1	1,8	0,5			

Обработаем указанным способом данные следующей таблицы.

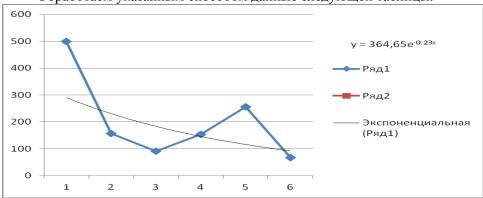


Рисунок 3.1.— Выбросы метана, лесные пожары, СН4, 1998...2004 гг. откула $364.6 \cdot e^{-0.23x} = 73.68$:

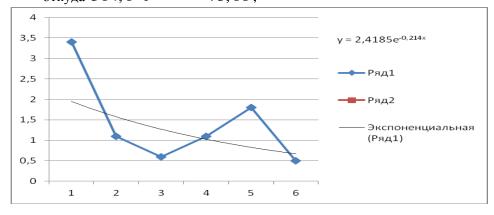


Рисунок 3.2.— Выбросы закиси азота, лесные пожары, N2O, 1998...2004 гг. откула $2.418 \cdot e^{-0.21x} = 0.56$.

Учитывая неизвестность степени точности измерений и даже количества проведённых замеров в каждом конкретном случае, а также огромное количество учитываемых источников загрязнения в сельском хозяйстве России, оце-

нить точность осуществляемого таким образом прогноза не представляется возможным, тем не менее, он позволяет определить тенденции изменения состояния атмосферы не только качественно, но и количественно. Таким образом, приведённые выше показатели обладают достаточной информативностью и желательны к указанию в дальнейших отчётах о мониторинге, и позволяют осуществлять приблизительный прогноз развития ситуации.

Список литературы

- 1. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации за 2005 г. Москва, 2006.
- 2. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Обзор загрязнения природной среды в Российской Федерации за 2006 г. Москва, 2007.
- 3. Количественные критерии оценки состояния сложных систем / Логвина О.А./ XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2012. №2. С. 95-102.
- 4. Моделирование состояния экологической системы / Коновалов В.В., Логвина О.А. / XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2012. №2. С. 159–162.

УДК 004.5

СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ КОНТРОЛЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФОНА

- © **Н.Ю. Келина,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © **Т.Ю. Мамелина,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **В.Н. Елизаров,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

INFORMATION SUPPORT SYSTEM OF CONTROL THE LEVEL OF NATURAL ANTIBODIES TO ENDOGENOUS REGULATORS CONSIDERING ECOLOGICAL BACKGROUND

- © N.J. Kelina, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **T.J. Mamelina**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **B.N. Elizarov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье описываются вопросы, связанные с использованием новых методик лабораторного контроля оценки адаптаций организма при гипертонической болезни. Авторы предлагают использовать показатели синтеза естественных антител к нейромедиаторам в сыворотке крови. Доказывается, что данные экологического фона можно использовать для наблюдения и контроля состояния пациентов. Устанавливается взаимосвязь показателей гуморального иммунитета в зависимости от экологического фона региона проживания. Рассматривается задача обоснования использования системы информационной поддержки контроля биохимических параметров у пациентов с гипертонической болезнью с учетом экологического фона.

Ключевые слова: гипертоническая болезнь, система информационной поддержи, естественные антитела, нейромедиаторы.

This article describes the issues associated with the using of new methods of estimating adaptation to hypertonic disease. The authors suggest to use the indicators of the synthesis of natural antibodies to neurotransmitters in the blood serum. Prove that the environmental background data can be used to monitor and control the status of patients. Sets the relation between humoral immunity and on the environmental background region of residence. Considering the problem of justification using of information support systems of monitoring of biochemical parameters in patients with hypertension taking into account the environmental background.

Key words: hypertonic disease, information support system, natural antibodies, endogenous regulators

Целью данной работы является обеспечение информационной поддержки процессов лабораторного контроля иммуно-биохимических параметров, связанных с изучением функционирования гуморальной системы иммунитета.

В XXI веке продолжает увеличиваться список факторов риска для здоровья населения ведущих к росту числа пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Основная опасность подобных болезней — преждевременная смерть. По данным статистики в России каждый третий житель болен гипертонической болезнью. Заболеванию подвержены люди разных возрастных групп. Помимо основных факторов, влияющих на развитие гипертонической болезни, не надо забывать и о таком факторе, как неблагоприятная экологическая обстановка, которая способствует развитию заболевания.

Вопросы охраны окружающей среды и ее контроля являются предметом государственной политики, направленной на сохранение и улучшение здоровья населения. Ведущие ученые и специалисты активно ведут разработку методов и критериев оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения.

Степень риска возникновения заболевания зависит от сопротивляемости организма болезнетворным влияниям, его устойчивости при воздействии разнообразных факторов экзогенной и эндогенной природы, от наличия функциональных резервов организма. Все эти свойства определяют способность организма адаптироваться к изменениям условий внешней и внутренней среды организма.

Для оценки показателей пациентов, помимо традиционных средств, могут использоваться разработки тесты лабораторного контроля функционирования гуморальной системы иммунитета. Синтез естественных антител (e-AT) к нейромедиаторам для мониторинга гипертонической болезни может осуществляться путем измерения следующих показателей: е — AT к брадикинину, к дофамину, к серотонину. При этом важно учитывать влияние окружающей среды на иммунную систему человека, так как особенно актуальным и важным для здоровья населения является проблема загрязнения воздуха. При нарушениях экологического фона риску возникновения патологии подвергаются все системы организма, в том числе и сердечно-сосудистая.

Для автоматизации работы клинико-диагностических лабораторий создаются программные информационные системы. Подобные системы позволяют повысить качество обслуживания пациентов за счет сокращения числа ошибок и уменьшения сроков выполнения исследований, создавать инструменты контроля и управления лабораторией, увеличивать информативность в комплексном подходе анализа влияния факторов риска эндогенной и экзогенной природы, создавать единое информационное пространство. Программные комплексы должны помочь в обеспечении раннего выявления изменений в организме человека, которые могут повлечь за собой болезнь. Решение этой задачи можно добиться как развитием методов лабораторной диагностики заболеваний, так и совершенствованием инструментов и систем для контроля биохимических данных.

Ранее была установлена взаимосвязь общепринятых лабораторных показателей и иммунологических параметров, отражающих нарушение систем функции регуляции на уровне образования естественных антител (e-AT) к биорегуляторам в сыворотке крови пациентов с гипертонической болезнью [1,3,4].

В данной работе проведено сопоставление уровня естественных антител к нейромедиаторам у жителей Пензенского региона. Обследовано 45 человек в возрасте от 35 до 60 лет с диагнозом: гипертоническая болезнь (1 группа). В качестве контрольной группы (2 группа) был обследован 31 донор — практически здоровые люди без клинических проявлений каких-либо заболеваний (амбулаторное исследование) в возрасте 30-55 лет (табл.1, 2).

Таблица 1 – Данные о пациентах, участвовавших в клинико-

лабораторных обследованиях

лисориториви осе				
Группа	Заболевание	Количество	Возраст,	Соотношение,
		пациентов,	лет	%
		чел		
1	гипертоническая болезнь	45	45 - 60	59
2	контрольная группа (до-	31	35 - 55	41
	норы)			
Всего обследовано		76		100

Таблица 2 – Данные о распределении больных по полу

№ группы	Мужчины	Женщины
1	19	26
2	10	21
Всего	29	47

Определение уровня е-Ат к биорегуляторам (серотонину, брадикинину и дофамину) в сыворотке крови, осуществлялось методом иммуноферментного анализа.

Оценка степени загрязненности атмосферы выражается через концентрацию примесей путем сравнения ее с гигиеническими нормативами предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ отражающих качество атмосферного воздуха [1, с. 27-37].

Государственная служба наблюдений (ГСН) г. Пензы проводит наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха на стационарных постах. Нами проведен анализ параметров приоритетных загрязнителей на двух площадках: на «городском фоновом» в жилых районах (посты 1 и 8) и в районе «фон автомагистраль», который отличает интенсивное движение автотранспорта (пост 3).

Статистический анализ проведен с примечанием комплекса статистических методов из пакета программ SPSS 19.0 для научных исследований. Для принятия гипотезы применили уровень достоверности 95% (p=0,05).

Комплексная оценка тяжести состояния пациентов страдающих гипертонической болезнью предусматривает сравнительный анализ загрязнителей атмосферного воздуха изучаемых на конкретных площадках. Выявление наличия и характера взаимосвязей анализируемых параметров чистоты воздуха места проживания позволяет определить изменения степени тяжести организма. Дисбаланс концентраций приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха в

зонах анализа позволяет наряду с клиническими проявлениями оценить состояние пациентов с гипертонической болезнью и возможного прогнозирования течения патологии. В качестве «исходных данных» принимались данные на «городских фоновых» площадках жилых районов. Выявлено, что приоритетные загрязнители неравнозначно проявились в ПДК в исследуемых пробах воздуха на конкретных территориях анализа проживания пациентов с гипертонической болезнью, вошедших в группу исследования.

Анализ полученных результатов чистоты атмосферного воздуха г. Пензы загрязнителями выявил повышенные ПДК сероводорода, диоксида серы и диоксида и оксида азота, влияющих на состояние здоровья человека на «городском фоновым» в жилых районах (пост 1 и пост 8) (табл. 3). В зоне интенсивного движения автотранспорта (пост 3) определены повышенные концентрации сероводорода, формальдегида, бенз(а)пирена и фенола (табл. 3).

Анализ результатов клинико-лабораторного контроля больных с гипертонической болезнью выявил повышенный уровень естественных антител в сыворотке крови (табл. 4). Согласно современным представлениям дисбаланс синтеза естественных антител к нейромедиаторам отражает нарушения систем регуляции на уровне образования естественных антител к биорегуляторам.

Таблица 4 — Сравнение параметров уровня естественных антител в исследуемой группе с контрольными значениями

	Значение показателей (М±m)					
Анализируемые параметры (ед. опт. пл.)	контрольная группа (доноры)	Гипертоническая болезнь (исследуемая группа)				
	n=31	n=45				
е – АТ к брадикинину	$0,35\pm0,07$	0,68±0,09*				
е – АТ к дофамину	$0,36\pm0,09$	0,77±0,1*				
е – АТ к серотонину	$0,38\pm0,09$	0,79±0,1*				

Примечание: * p<0,05 – по отношению к контрольной группе

Выявлено достоверное увеличение уровня естественных антител к брадикинину – на 94%, по отношению к контрольной группе (доноры) (рис. 1).

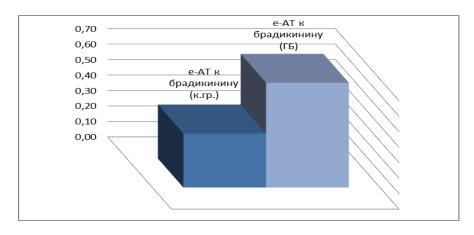


Рисунок 1 – Соотношение синтеза е-АТ к брадикинину

Из графиков видно явное превышение показателей естественных антител к дофамину – в 2,1 раза у больных гипертонической болезнью (ГБ) по сравнению с контрольной группой (рис. 2).

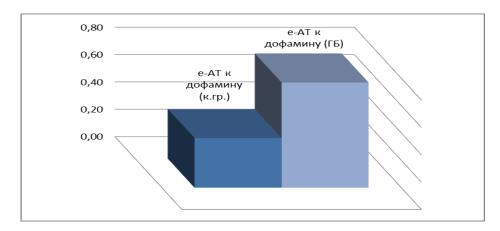


Рисунок 2 – Соотношение синтеза е-АТ к дофамину

Выявлено достоверное увеличение уровня естественных антител к серотонину – на 98%, по отношению к контрольной группе (доноры) (рис.3).

Развитие и генерализация тяжести состояния пациентов гипертонической болезни подтверждается повышенным синтезом естественных антител к нейромедиаторам. При изучении сыворотки крови у больных 2 группы (ГБ) исследования выявлены достоверные отличия параметров уровня естественных антител к нейромедиаторам брадикинину, дофамину и серотонину по сравнению с аналогичными данными у пациентов контрольной группы (p<0,05). Такие изменения ответа гуморального звена иммунной системы могут служить подтверждением реализации компенсаторных реакций организма.

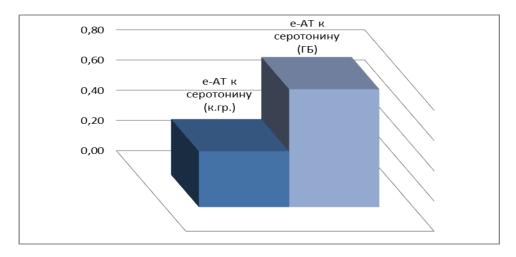


Рисунок 3 – Соотношение синтеза е-АТ к серотонину

Тяжесть состояния организма при патологических процессах является следствием не только нарушений систем адаптации к факторам риска эндо-

генной природы, а результатом неконтролируемого влияния факторов эндогенной природы, к числу которых относят приоритетные загрязнители атмосферного воздуха.

Стандартизация оценки тяжести состояния больных необходима для разработки и построения программного комплекса контроля биохимических показателей с учетом экологического фона. Компенсаторная биохимическая оценка тяжести состояния при гипертонической болезни предусматривает выявление наличия взаимосвязей анализируемых показателей для прогнозирования течения патологии и выявлении адаптационных возможностей иммунной системы организма в том числе при учета воздействия факторов окружающей среды. Мы провели сопоставление результатов лабораторного анализа синтеза естественных антител к биорегуляторам и уровня загрязнений атмосферного воздуха мет проживания анализируемых групп пациентов гипертонической болезнью и здоровых лиц (доноры).

Выявлена средняя и высокая степень корреляционной зависимости между синтезом e-AT к нейромедиаторам в сыворотке крови и приоритетными загрязнителями окружающей среды мета проживания анализируемой группы пациентов гипертонической болезнью (табл. 6-8).

Таблица 6 – Корреляция е-АТ к нейромедиаторам на посту 1

	Е-АТ к дофа- мину	Е-АТ к брадикинину	Е-АТ к серотонину
Е-АТ к дофамину	1		
Е-АТ к брадикинину	0,5	1	
Е-АТ к серотонину	0.5		1

Взаимосвязи между исследуемым спектром естественных антител и клинико-биохимическими параметрами у больных, проживающих на территории поста N_2 1 проявились между уровнем е – AT к брадикинину и е-AT к дофамину (r=0,5; p<0,05), e-AT к дофамину и е-AT к серотонину(r=0,5; p<0,05).

Таблица 7 – Корреляция е-АТ к нейромедиаторам на посту 3

	Е-АТ к дофамину	Е-АТ к брадики-	Е-АТ к серото-
		нину	нину
Е-АТ к дофамину	1		
Е-АТ к брадикинину	0,7	1	
Е-АТ к серотонину	0.6	0.6	1

На посту №3 корреляция проявилась между e-AT к дофамину и e-AT к серотонину (r=0,6; p<0,05) и к e-AT к брадикинину (r=0,7; p<0,05), между e-AT к серотонину и e-AT к брадикинину (r=0,6; p<0,05).

Таблица 8 – Корреляция е-АТ к нейромедиаторам на посту 8

таолица в Коррелиции с-111 к неиромедиаторам на носту в			
	E-AT	Е-АТ к брадики-	Е-АТ к серото-
	к дофамину	нину	нину
Е-АТ к дофамину	1		
Е-АТ к брадикинину	- 0,4	1	
Е-АТ к серотонину	- 0.4		1

На посту №8 корреляция проявилась между уровнем e-AT к брадикинину и e-AT к дофамину (r=-0.4; p<0.05) и между уровнем e-AT к дофамину и e-AT к серотонину (r=-0.4; p<0.05).

Данный подход статистического м математического анализа позволил нам предложить программный комплекс контроля биохимических показателей с учетом экологического фона.

Подход к анализу данных экологического и лабораторного исследования для оценки состояния пациентов, страдающих гипертонической болезнью, основан на оценке тенденций изменений значений показателей загрязненности атмосферного воздуха и результатов лабораторного контроля уровня естественных антител к дофамину, брадикинину и серотонину в сыворотке крови и позволяет сократить продолжительности процесса анализа при прогнозировании течения патологии, обеспечить раннее выявление патологических изменений на основе мониторинга накапливаемых данных, развить и усовершенствовать лабораторный контроль состояния иммуно-биохимического гомеостаза пациентов с гипертонической болезнью.

В качестве методов оценки контроля тяжести состояния пациентов с ГБ и влияния на неё экологических факторов возможно использование, помимо статистических, механизмов интеллектуальной обработки данных.

Задача интеллектуальной обработки основывается на методах Data Mining - извлечения нетривиальных, «скрытых», знаний (фактов, структур, взаимоотношений) из большого массива несвязанной, на первый взгляд, информации, с использованием моделей, основанных на обучении: деревья решений, решающие правила, нейросети и т.п.

В рамках мониторинга и контроля пациентов с ГБ такой подход позволяет решать следующие типы задач:

- 1) кластеризация группировка объектов на основе данных, описывающих свойства объектов;
- 2) классификация установление зависимости дискретной выходной переменной (метка класса) от входных переменных;

Задача кластеризации относится к широкому классу задач обучения без учителя. Алгоритм кластеризации — это функция $\alpha: X \to Y$, которая любому объекту $x \in X$ ставит в соответствие номер кластера $y \in Y$. Множество Y в некоторых случаях известно заранее, однако чаще ставится задача определить оптимальное число кластеров, с точки зрения того или иного критерия качества кластеризации.

Классификация используется, если заранее известен набор классов, к которым должен быть отнесен объект, исходя из своих характеристик. Например, при отнесении пациента к той или иной группе или диагностике заболевания на основе наблюдаемых симптомов. По сути, классификация — присвоение объекту метки определенного класса.

Таким образом, задачи и кластеризации, и классификации сводятся к общей задаче поиска таких признаков объекта (или групп признаков), которые позволят однозначно и точно отнести исследуемый объект к той или иной группе.

Реализация программного комплекса предлагается выполнить на базе клиент-серверной архитектуры, с «тонким» веб-клиентом, преимуществом которого являются:

- использование для работы только веб-браузера;
- исключение зависимости от установленной операционной системы (сокращение стоимость необходимого общесистемного ПО);
- ullet возможность построения комплекса на основе свободно распространяемого ΠO .

Разрабатываемый программный комплекс позволит:

- развить и усовершенствовать лабораторный контроль состояния иммуно-биохимического гомеостаза пациентов с гипертонической болезнью;
- исследовать возможность использования формальных моделей для обеспечения достоверности оценок функционального состояния органов и систем;
 - сократить продолжительности процесса анализа;
- обеспечить раннее выявление патологических изменений иммуно-биохимического статуса на основе мониторинга накапливаемых данных.

Список литературы

- 1. Елизаров В.Н., Келина Н.Ю., Пикулин В.В., Мамелина Т.Ю. Программный комплекс контроля биохимических показателей с учетом экологического фона // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. Пенза: ПГУ. 2014. №4 (12). С. 190 199.
- 2. Келина Н.Ю., Мамелина Т.Ю. Проведение клинико-биохимического анализа у больных гипертонической болезнью с учетом экологического мониторинга фона региона // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. Пенза: ПГУ. 2014. №2 (10). С. 228 234.
- 3. Келина Н.Ю., Мамелина Т.Ю. Технологии оценки уровня естественных антител к эндогенным биорегуляторам // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. Пенза: ПензГТУ. 2014. №05(21). С. 277 281.
- 4. Келина Н.Ю., Мамелина Т.Ю., Чичкин С.Н. Методика проведения клиникобиохимического анализа у больных гипертонической болезнью с учетом экологического фона региона // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. Пенза: ПензГТУ. – 2014. – No01(17). – С. 143 – 147.
- 5. Сегаран Т. (Segaran Toby). Программируем коллективный разум. пер. с англ. СПб: Символ-Плюс, 2008. 368 с.
- 6. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям: учебное пособие. 2-е изд., испр. СПб.: Питер, 2013. 704 с.: ил.
- 7. Ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных — www.machinelearning.ru/
- 8. Открытые инновации вклад молодежи в развитие региона: сборник материалов регионального молодежного форума: в 2 т. Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. Т.1. С. 93-96.

УДК 612.76

СТАБИЛОГРАФИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ТРЕНИНГА И ОТБОРА ГИМНАСТОВ

- © **О.В. Баулина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Т.В. Истомина,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

STABILOGRAPHIC TECHNIQUE OF BIOFEEDBACK FOR TRAINING AND SELECTION OF GYMNASTS

- © O.V. Baulina, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © T.V. Istomina, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье рассмотрены проблемы, связанные с недостаточностью методических разработок по оценке и развитию координационных способностей гимнастов. Определено значение функции равновесия в выполнении гимнастических упражнений. Предложена стабилографическая методика применения биологической обратной связи для тренинга и отбора гимнастов. Разработаны алгоритмы формирования групповых и индивидуальных норм спортсменов, адаптированные для различных видов гимнастических снарядов, создан алгоритм отбора перспективных спортсменов на различных этапах спортивной подготовки.

Ключевые слова: спортивная гимнастика, функция равновесия, методика стабилографии, БОС-тренинг гимнастов.

This paper considers the problem of insufficient methodological developments in the assessment of the coordination abilities of the gymnasts. Much attention is given to determination of the value of the equilibrium function in performing gymnastic exercises. Offered stabilographic technique of biofeedback for training and selection of gymnasts. It is given algorithm for creating individual and group norms athletes during exercise at various gymnastic apparatus, and algorithm of selection the most promising athletes in various stages of athletic training.

 $\textbf{Key words:} \ \ \text{gymnastics, balance function, technique stabilography, biofeedback-training of gymnasts.}$

E-mail: o.v.baulina@mail.ru, istom@mail.ru

Актуальность темы заключается в том, что оценка состояния гимнастов с помощью современных технических средств в дополнение к традиционным психофизическим методам позволяет повысить результативность спортсменов, как в процессе обучения, так и в ходе соревнований. Темпы роста результативности тренировок с использованием обычных методов сравнительно низки, поэтому необходимо создание новых методик применения технических средств подготовки и оценки состояния спортсменов на основе применения стабилометрии в сочетании с методом биологической обратной связи.

Люди, активно занимающиеся спортивной деятельностью должны обладать широким диапазоном пространственно-двигательной ориентировки, точностью, быстротой, устойчивостью и разносторонней координацией движений во времени и пространстве. Поскольку все двигательные качества в юном возрасте на этапе начальной специализации довести до совершенства одновременно невозможно, следует уделять большее внимание такому, развитие которого является принципиально значимым для конкретного вида спорта. Таким качеством для большинства видов спорта является равновесие. Сохранение равновесия тела и координации движений является одним из важнейших условий жизнедеятельности человека, которое позволяет ему активно взаимодействовать с внешней средой.

На сегодняшний день недостаточно изучены вопросы оценки вестибулярной нагрузки и инструментария для оперативного контроля функции равновесия у гимнастов. Исследования, касающиеся техники спортсменов, как правило, связаны с изучением особенностей двигательного анализатора и почти не касаются таких важных сфер, как контроль за равновесием. В поддержании состояния равновесия тела принимает участие целый ряд сложных систем: вестибулярная, двигательная, зрительная и, в определенной мере, тактильная, которые представляют единый механизм сохранения позы. Поэтому с целью совершенствования функций органов равновесия на занятиях спортивной гимнастикой уделяют огромное внимание упражнениям в равновесии. В спортивной гимнастике под равновесием понимают не фиксацию позы, а согласование в движении. Чтобы гимнастка могла выполнить сложное равновесие, она должна не замереть в принимаемой форме, а наоборот, производить движение с небольшим отклонением от заданной формы равновесия, чтобы пребывать в состоянии равновесия сколько угодно, необходимо не просто хаотически колебаться около принимаемой формы, а производить движения по определенным траекториям [1,2]. Эти траектории не так уж сложно почувствовать, а с использованием метода биологической обратной связи на основе стабилографии можно будет визуализировать процесс борьбы за равновесие (рис. 1).



Рисунок 1 — Схема функционирования аппарата с биологической обратной связью

Равновесие тела исследуется многочисленными методами. К их числу принадлежит метод стабилографии — регистрация перемещений проекции общего центра тяжести по площади опоры. Контроль функционального состояния, а также координационных способностей и функции равновесия гимнастов на основе методов и средств компьютерной стабилографии сегодня не имеет альтернатив по комфортности и времени обследования, высокой чувствительности к отклонениям функционального состояния, возможности формирования индивидуальных и групповых нормативов, а также мониторингу текущего состояния спортсменов [3]. Кроме того, использование в компьютерных стабилографах биологических обратных связей (БОС) различных модальностей, позволяет использовать их в качестве тренажерных устройств, направленных на совершенствование функции равновесия, координационных способностей, психологической устойчивости, грамотного тактического мышления.

Определение значения функции равновесия в спортивной гимнастике и выбор современного и перспективного метода стабилографии, исходя из

его преимуществ перед другими методами, позволили разработать стабилографическую методику применения биологической обратной связи в спортивной гимнастике. На рисунке 2 приведены основные этапы методики. Также нами проведены исследования в группе гимнастов по разработанной методике с использованием современного оборудования — стабилоанализатора компьютерного с биологической обратной связью «Стабилан-01», полностью удовлетворяющего требованиям спортивной гимнастики. В результате исследования были сформированы групповые нормированные показатели стабилографического теста Ромберга в заданной стойке для гимнастов младшей возрастной группы 8-10 лет.

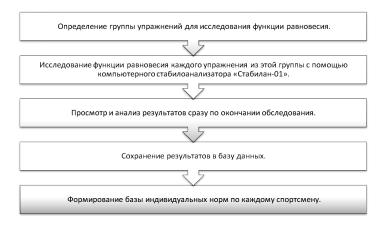


Рисунок 2 – Основные этапы стабилографической методики тренинга и отбора гимнастов на основе биологической обратной связи

Рассмотрим обобщенные этапы методики применения БОС на основе стабилометрии в спортивной гимнастике с примерами из нашего исследования.

- 1) Определение группы упражнений для исследования функции равновесия гимнаста. Нами были проведены исследования на базовом гимнастическом элементе «ласточка».
- 2) Исследование функции равновесия каждого упражнения из этой группы с помощью компьютерного стабилоанализатора «Стабилан-01». Использование в компьютерных стабилографах БОС различных модальностей позволяет корректировать функцию равновесия во время исследования.

Так как в своем исследовании мы использовали один гимнастический элемент для определенной возрастной группы, то для каждого объекта тест был проведен на правой и левой ноге поочередно.

3) Просмотр и анализ результатов сразу по окончанию обследования. На этом этапе выделяют упражнения из группы с наибольшим отклонением параметром функции равновесия от нормы, на которых нужно будет акцентировать внимание в дальнейшем тренировочном процессе.

В нашем случае, при непосредственном просмотре результатов по окончанию каждого из проведенных тестов совместно с тренером мы давали оценку координационным способностям гимнаста и определяли «опорную» ногу.

4) Сохранение результатов в базу данных (БД). Данная операция предусмотрена с целью анализа динамики развития способности к сохранению равновесия гимнастов.

При полном завершении обследования группы спортсменов результаты были сохранены в общую БД для дальнейшей статистической обработки.

5) Формирование базы индивидуальных норм по каждому спортсмену (рисунок 4), чтобы в случае долгих перерывов в спортивной деятельности, например, связанных с болезнью, была возможность наработки навыков по собственным нормативам. Кроме того такая база необходима при разучивании новых элементов для сохранения навыков поддержания равновесия на пике своих возможностей. На завершающем этапе методики нами были разработаны алгоритмы формирования групповых и индивидуальных норм (рис. 3,4), по одному из которых нами были сформированы групповые нормы для гимнастов исследуемой возрастной группы 8-10 лет.

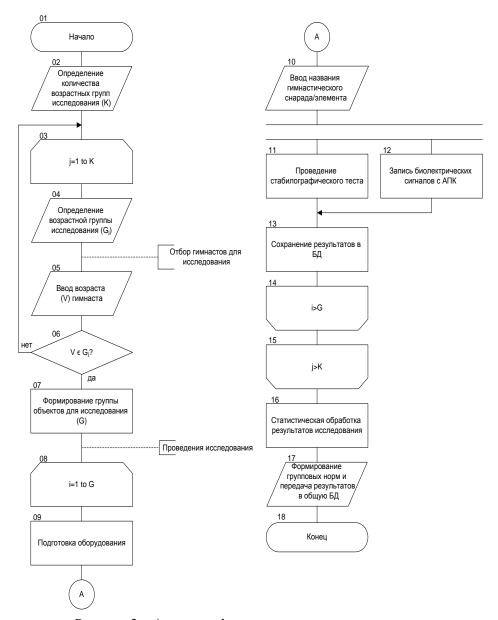


Рисунок 3 – Алгоритм формирования групповых норм

Таким образом, овладение равновесием заключается в воспитании специальных умений и формировании навыков, позволяющих сознательно управлять равновесием своего тела. Изучение упражнений в равновесии также содействует совершенствованию органов равновесия, главным образом вестибулярного, зрительного и двигательного анализаторов. Применение биологической обратной связи на основе стабилографии в спортивной гимнастике поможет сформировать умения быстро выполнять необходимые движения для сохранения равновесия. А частный подход к каждому спортсмену позволит повысить эффективность тренировок и мотивацию спортсменов, от чего будет зависеть дальнейший спортивный результат.

Принцип перспективности предусматривает поиск и отбор наиболее одаренных гимнастов, исключение из программ подготовки упражнений, не имеющих продолжения и развития на этапах высшего мастерства. Для отработки определенных упражнений в равновесие и анализа динамики развития функциональных возможностей гимнастов в спортивной гимнастике, а также для статистической оценки адекватности прогноза успешности отбора юных спортсменов в группу одаренных гимнастов разработана методика применения биологической обратной связи на основе стабилографии [6]. Ведь современные комплексы позволяют контролировать работу всех органов и систем с учетом физических нагрузок. Так, стабилографический контроль в рамках комплексного обследования спортсменов позволяет своевременно оценивать функциональную подготовленность спортсменов, проводить коррекцию тренировочного процесса и реабилитационных мероприятий, а также может выступать инструментом селекции на начальном этапе спортивной подготовки посредством тренажеров. К таким тренажерам относятся сложные стабилографические игры, выполняемые методом биологической обратной связи.

В целом, стабилографическая методика БОС [4,5] имеет широкие перспективы своего применения в спортивной гимнастике (рис. 5).

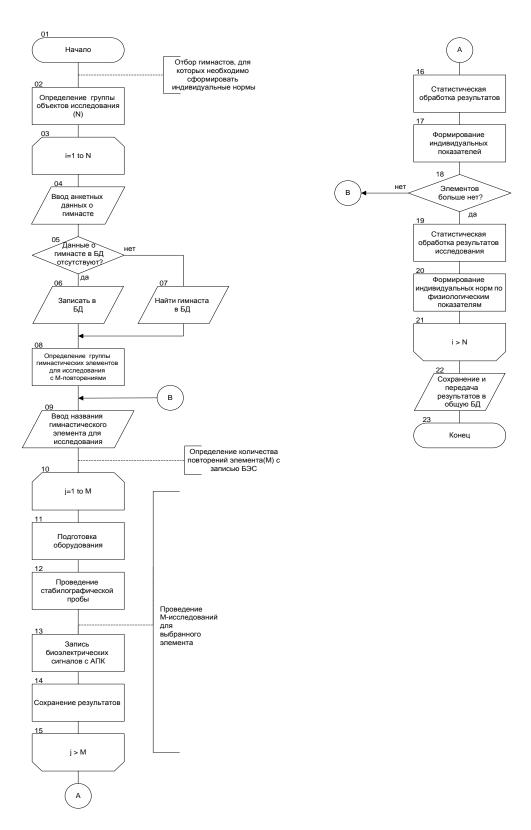


Рисунок 4 – Алгоритм формирования индивидуальных норм



Рисунок 5 – Возможности применения стабилографической методики

Таким образом, несмотря на недостаточность теоретических и методических разработок по вопросу оценки вестибулярной нагрузки и инструментария для оперативного контроля функции равновесия у гимнастов на сегодняшний день, следует надеяться что дальнейшее изучение и развитие как теоретических обоснований, так и практических схем и приемов применения метода БОС на основе стабилографии позволит повысить профессионализм и результативность спортсменов на всех этапах спортивной подготовки.

Список литературы

- 1. Баулина О.В., Истомина Т.В. Применение мультипараметрической биологической обратной связи в спортивной медицине / Биотехносфера. Спб.:Политехника, 2014. № 3 (33). С. 50-52.
- 2. Васильев О. Убрать «эффект бабочки» / О. Васильев // Гимнастика. —2013.-№1. — С.30-36.
- 3. Мистулова Т.Е. Методика стабилографии в научно-методическом обеспечении подготовки сборных команд Украины // Вестник спортивной науки. 2008. № 4.
- 4. Слива С.С. Применение стабилографии в спорте // Первая Всероссийская научно-практическая конференция "Мониторинг физического развития, физической подготовленности различных возрастных групп населения. Сборник докладов. Нальчик, 2003.
- 5. Истомина Т.В.с соавт. Многоканальный сетевой анализатор биопотенциалов для дистанционного управления реабилитацией больных с постуральным дефицитом/Медицинская техника. 2014. № 3. С. 9-14.
- 6. Баулина О.В., Истомина Т.В., Снопкова Е.В. Применение методики биологической обратной связи на основе стабилометрии в спортивной гимнастике/Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2014. № 10 (159). С. 210-219

УДК 612.76

СТАБИЛОГРАФИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ У БОЛЬНЫХ ПРИ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКОЙ ХОЛЕЦИСТЭКТОМИИ

- © **С.А. Карпицкая,** Пензенский институт усовершенствования врачей (г. Пенза, Россия)
- © **А.И. Сафронов,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Т.В. Истомина,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

STABILOGRAPHIC MONITORING IN PATIENTS WITH LAPAROSKOPIC KHOLETSISTEKTOMY

- © S.A. Karpitskaya, Penza Institute of the Continuing Education of doctors (Penza, Russia)
 - © A.I. Safronov, Penza State Technological University (Penza, Russia)
 - © T.V. Istomina, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Рассмотрена проблема разграничения хирургической агрессии и анестезиологической агрессии при лапароскопической холецистэктомии, которая может быть осуществлена при помощи стабилографических исследований. В исследовании проведено сравнение динамики периоперационного периода у двух групп больных, получавших и не получавших антиоксидантную терапию при лапароскопической холецистэктомии. Результаты исследования количественно подтверждают целесообразность использования стабилографии как инструмента для целей оптимизации анестезиологической тактики у этой категории больных.

Ключевые слова: хирургическая агрессия, анестезиологическая агрессия, стабилография, лапароскопическая холецистэктомия, антиоксидантная терапия.

In the article is examined the problem of the differentiation of surgical aggression and anesthesiological aggression with laparoscopy holecistektomy, which can be realized with the aid of stabilografy studies. In a study is carried out the comparison of the dynamics of the perioperatsionnogo period in two groups of patients, who obtained and which did not obtain antioxidant therapy with laparoscopy holecistektomy. The results of a study quantitatively confirm the expediency of using stabilography as the tool for purposes of the optimization of anesthesiological tactics in this category of patients.

Key words: surgical aggression, anesthesiological aggression, stabilografy, laparoscopy holecistektomy, antioxidant therapy.

E-mail: komandor.penza@rambler.ru, istom@mail.ru

Актуальность темы исследований объясняется следующим. Считается, что любая анестезия при хирургическом вмешательстве защищает организм больного от хирургической агрессии во всех ее проявлениях. В реальных условиях клиники это не всегда и далеко не так, поскольку анестезиологическая защита реализуется через дополнительную для больного агрессию – химическую или «наркозную» [8, 9, 16]. В подобной ситуации риск анестезиологического обеспечения может значительно превышать риск оперативного вмешательства [14]. Все это накладывает большую ответственность на врача-анестезиолога и требует поиска новых подходов к анестезиологическому обеспечению, позволяющих повысить безопасность хирургического лечения, максимально сохранить адаптивные и компенсаторные возможности организма. Оценка вклада каждого вида агрессии в общую картину, как правило, осуществляется на основе профессионализма анестезиолога, на его субъективном мнении. Объективных методик количественной оценки проявлений анестезиологического компонента агрессии в реальной клинической практике не существует, поэтому многие исследователи обращают пристальное внимание на

изучение когнитивных дисфункций посленаркозного периода [5, 6, 8, 13, 16]. Однако этиопатогенез послеоперационной когнитивной дисфункции до настоящего времени окончательно не выяснен [8].

Ориентировка в общей картине происходящих в организме изменений (лучше стало больному или хуже) в условиях разнонаправленных изменений многочисленных параметров представляет для анестезиолога определенные трудности, поэтому необходимы какие-либо интегральные параметры, которые можно оценить количественно. Есть все основания полагать, что, помимо отработанного в клинике метода определения вариабельности ритма сердца по Р.М. Баевскому, в качестве одной из таких интегральных характеристик могут послужить результаты стабилографического исследования больного, при котором исследуется способность человека поддерживать вертикальную позу. Параметры стабилографии являются интегральной двигательной реакцией поддержания равновесия, реализующейся при участии зрительной, вестибулярной и проприоцептивной сенсорных систем [1-4, 7, 11, 12, 15, 17], которые с большой вероятностью отреагируют на агрессию.

Основной причиной эпизодического использования стабилографии в анестезиологии считается невозможность провести исследование во время хирургического вмешательства. Тем не менее, сравнение показателей стабилографии в послеоперационном периоде с исходными показателями до операции могут в определенной степени свидетельствовать о качестве и безопасности проведенной анестезии. Динамике стабилографических показателей в периоперационном периоде посвящено всего лишь несколько работ [7, 10], что и послужило поводом для проведения наших исследований.

Целью исследования является изучение динамики стабилографических показателей при различных тактических вариантах анестезии при лапароскопической холецистэктомии.

Нами проведено исследование 29 больных, оперированных по поводу хронического холецистита лапароскопическим способом, в хирургической клинике Пензенской ГКБСМП им. Г.А. Захарьина. При этом больные были разделены на 2 группы: 1 группа (23 пациента в периоперационном периоде получали антиоксидантную терапию мафусолом и кардиоксипином); 2 группа (6 пациентов, контроль, в периоперационном периоде такую терапию не получали). Оперативное вмешательство осуществлялось под эндотрахеальным наркозом (стандартная методика вводного наркоза с поддержанием анестезии закисью азота).

Стабилографическое исследование пациентов (неинвазивное) проводилось перед операцией, через 24 часа, 48 часов часа после операции. Помимо общепринятых в клинике исследований определялись стабилографические параметры: X — среднее положение центра давления (ЦД) по оси X (мм); Y — среднее положение ЦД по оси Y (мм); V — средняя скорость смещения ЦД (мм/сек); S — площадь статокинезиограммы (мм²). Стабилографическое исследование проводилось на компьютеризированном стабилографе «ВэбМультиМедик» (компании Биософт-М, Москва).

Выявлена разница показателей стабилографии в группах: в контрольной группе скорость перемещения центра давления V и площадь стабилограммы (S) имеют значительно больший разброс значений при всех режимах исследования (с открытыми и закрытыми глазами), нежели в группе больных, получавших антиоксидантную терапию в периоперационном периоде (рис. 1).

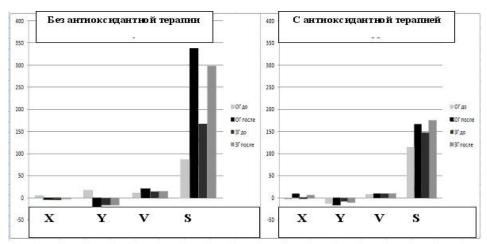


Рисунок 1. Сравните льные диаграммы параметров стабилограмм в группах

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

- 1. Инструментальный метод мониторинга на основе компьютеризированного стабилографа системы «ВэбМультиМедик» может служить дополнительным инструментом анестезиолога при оптимизации общего обезболивания у больных при лапароскопической холецистэктомии.
- 2. По данным нашего исследования наиболее информативными стабилографическими параметрами является скорость перемещения центра давления на платформу и площадь стабилограммы. При этом важно то, что в контрольной группе разброс значений скорости перемещения центра давления и площади стабилограммы оказался значительно больше, чем в группе больных, получавших антиоксидантную терапию в периоперационном периоде (при всех режимах исследования).
- 3. Результаты проведенных исследований количественно подтверждают целесообразность использования стабилографии как инструмента для целей оптимизации анестезиологической тактики у больных при лапароскопической холецистэктомии, в дальнейшем планируются исследования с целью выявления корреляции данного подхода с отработанным в клинике методом определения вариабельности ритма сердца по Р.М. Баевскому, что обеспечивается применением мультидиагностической системы «ВэбМультиМедик».

Список литературы

- 1. Абдулкеримов Х.Т. Автоматизированная стабилометрическая диагностика атаксий на основе современных компьютерных информационных технологий: Дисс. докт. ... мед. наук. С.-Петербург, 2003. 234 с.
- 2. Доценко В.И. Об актуальности и ведущих аспектах исследования позной регуляции методом компьютерной статокинезиметрии (стабилометрии) в клинической практике // Поликлиника № 2, 2008. С. 37-39.
- 3. Дубовик В.А. Методология оценки состояния статокинетической системы: Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. СПб ВМА, 1996. 68 с.
- 4. Жиляев А.А. Биомеханические и электрофизиологические критерии оценки функционального состояния опорно-двигательного аппарата нижних конечностей. Автореф. дисс... докт. техн. наук. 2003.

- 5. Захаров В.И., Хуссайн А., Зверева А.Н., Изотова Н.Н., Сметкин А.А., Кузьков В.В., Киров М.Ю. Когнитивная дисфункция после коронарной хирургии: сердечный выброс, церебральная оксигенация, белок s 100b—есть ли взаимосвязь? // Тезисы XIV съезда Федерации анестезиологов и реаниматологов. Казань 2014.—С. 138-139.
- 6. Кузьков В.В., Соколова М.М., Родионова Л.Н., Зверева А.Н., Юркова О.Г., Киров М.Ю. Гипокапния и гипероксия при ИВЛ: влияют ли они на когнитивную функцию? // Тезисы XIV съезда Федерации анестезиологов и реаниматологов. Казань 2014. С. 176-177.
- 7. Макаренкова Е.А., Малахов М.В., Мельников, А.А. Викулов А.Д.. Изменение стабилографических параметров под влиянием гипервентиляции в тестах со зрительной биологической обратной связью // Ярославский педагогический вестник 2012 № 3 Том III (Естественные науки). С. 118-122.
- 8. Овезов А.М., Лобов М.А., Луговой А.В., Князев А.В., Гуськов И.Е. Этиопатогенез послеоперационной когнитивной дисфункции: вопросов больше, чем ответов // Тезисы XIV съезда Федерации анестезиологов и реаниматологов. Казань 2014. С. 249-250.
- 9. Петров О.В. Информационные методы оценки состояния и защиты ЦНС при хирургических операциях: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1997. 33 с.
- 10. Сафронов А.И., Истомина Т.В., Васильков В.Г., Карпицкая С.А. Клиническое использование стабилографа для поиска дополнительных критериев адекватности анестезии // «ХХІ век: Итоги прошлого и проблемы настоящего nлюс »: Периодическое научное издание. Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. унта, 2014. N 01(17). C. 193-196.
- 11. Скворцов Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилометрия / Д.В. Скворцов М.: Т.М. Андреева, 2007. 640 с.
- 12. Слива С.С., Кондратьев И.В., Слива А.С. Отечественная компьютерная стабилография: состояние, проблемы и перспективы // Известия $IO\Phi V$. Технические науки. -2008.-N 26.-C.98-101.
- 13. Сорокина Л.В., Голуб И.Е, Борисова В.М., Постникова Е.М., Ковыршин А.В. Послеоперационные когнитивные нарушения при общей анестезии с использованием антирефлексивной эндотрахеальной трубки тип «ПЕРВАК» и цитофлавина // Тезисы XIV съезда Федерации анестезиологов и реаниматологов. Казань, 2014. С. 308-309.
- 14. Сулай К.Е. Коррекция нарушений антиоксидантной защиты препаратом "Эрисод" при лапароскопической холецистэктомии // Автореф. дисс... канд. мед. наук. СПб, 2004. 21 с.
- 15. Усачев В.И. Стабилометрия в постурологии: Методическое пособие. СПб, 2004. 14 с.
- Федерякин Д.В., Кузин А.П., Карташев В.Н. Оценка эффективности пиритинола в профилактике когнитивных нарушений у детей после общей анестезии // Тезисы XIV съезда Федерации анестезиологов и реаниматологов. Казань 2014. – С. 328-329.
- 17. Холмогорова Н.В., Кручинин П.А. Слива С.С. Оценка функционального состояния человека по характеру постуральных микродвижений // Тезисы трудов Всероссийской научной школы для молодежи. Ростов н/Д: Изд-во IODE M, 2011. С. 198-199.

УДК 004.5

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЯВЛЕНИЯ И АНАЛИЗА РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ИГРОВОЙ ЗАВИСИМОСТИ

- © **Н.Ю. Келина,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Е.В. Вейпан,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **В.Н. Елизаров,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

THE TECHNOLOGY OF DETECTION AND ANALYSIS THE RISK OF GENESIS OF COMPULSIVE GAMBLING

- © N.J. Kelina, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © E.V. Veypan, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © V.N. Elizarov, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье описываются вопросы, связанные с использованием новых методик лабораторного контроля оценки адаптаций организма при игровой зависимости. Авторы предлагают использовать показатели синтеза естественных антител к нейромедиаторам в сыворотке крови.

Ключевые слова: естественные антитела, нейромедиаторы, игровая зависимость

This article describes the issues associated with the using of new methods of estimating adaptation to compulsive gambling. The authors suggest to use the indicators of the synthesis of natural antibodies to neurotransmitters in the blood serum.

Key words: natural antibodies, endogenous regulators, compulsive gambling

В XXI веке основную опасность для здоровья подрастающего поколения нашего общества представляет игровая зависимость. Азартные игры по своему воздействию на психику можно сравнить и поставить на один уровень с пристрастием к алкоголю и наркотической зависимости. Научно доказано, что пристрастие к игре так же, как и пристрастие к алкоголю и наркотикам, — это психологическая зависимость. По данным Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, только в крупных городах зависимостью от игровых автоматов и казино сегодня страдают более 300 тыс. человек. Болезнь начинается тогда, когда не человек управляет игрой, а игра — человеком. По данным статистики в России каждый третий человек в возрасте от 15 до 25 лет имеет опыт компьютерных и других форм программных игр. В настоящее время во всех классификациях, учебниках по психиатрии выделяется такая болезнь, как игромания — патологическая склонность к азартным играм.

Помимо основных факторов, влияющих на развитие игровой зависимости таких как юный возраст, курение, малоподвижный образ жизни, социальные факторы, приводящие к состоянию хронического стресса, развивается различная степень иммунодефицита организма, которые благоприятствуют развитию заболевания. Таким образом, важна ранняя диагностика заболевания, в том числе с применением современных технологий выявления патологической игровой зависимости (1,4).

Для выявления предрасположенности к патологической зависимости, в том числе игромании, для мониторинга показателей пациентов, помимо традиционных средств анализа могут использоваться разработки интенсивно развивающегося в последнее десятилетие нового научного направления биохимии, связанного с изучением функционирования гуморальной системы иммунитета —

синтеза аутоантител к нейромедиаторам. В частности, для выявления игровой зависимости используются измерения таких показателей как естественные антитела к β-эндорфину, гистамину, и серотонину методом иммуноферментного анализа. Подобный подход позволяет повысить уровень и создавать инструменты контроля и управления мониторингом, увеличить выявляемость патологической зависимости и прогнозировать ход ее течения (2, 4).

Актуальность работы состоит в оценке адаптаций к факторам риска, которая основывается на функциях иммунной системы, что является основной задачей сохранения здоровья. В последние годы в мире зарегистрировано значительное увеличение количества людей, страдающих патологической зависимостью к игромании, что повлияло на развитие направления разработки технологий оценки влияния факторов риска и контроля тяжести состояния пациентов с болезнью зависимости. Разрабатываются технологии выявления предрасположенности к данной патологии.

Объекты исследования:

- Здоровые лица (доноры). За величину уровня антител к опиоидным пептидам здорового человека, принимали показатели сыворотки доноров антител к исследуемым антигенам, выраженной в единицах оптической плотности.
- Больные игроманией. Определение антител к опиоидным пептидам был проведен с использованием сыворотки крови у больных с игровой зависимостью.

Иммуно-биохимические тесты оценки гуморального звена иммунной системы.

Используемые методы исследования – иммуноферментный анализ, статистический анализ.

Сравнительный анализ результатов исследования проводился методом статистического анализа. Проведено сопоставление полученных результатов в группах сравнения больных игроманией и здоровых лиц. За норму были приняты величины, установленные в группе доноров.

Достоверность проведения анализа проводились с использованием стандартных операций с учётом изменения уровня антител в группах сравнения (1-я группа — игромания; 2-я группа — доноры).

Полученные данные обработали методом статистического анализа с применением критерия Стьюдента.

Изучение уровня здоровья на современном этапе осуществляется по нескольким направлениям, в основе которых лежат анализ влияния эндогенных и экзогенных факторов риска и предполагает использование следующих подходов:

- изучение экзогенных (игровые зависимоси) факторов риска в оценке состояния здоровья
- прогнозирование как результат оценки адаптаций функциональных систем организма на основе клинико-биохимического мониторинга;
- сравнительный анализ некоторых методов клинико-биохимического мониторинга оценки состояния адаптационных характеристик.
- применение технологий контроля и анализа данных (маркеров) тяжести состояния организма

По отношению влияния на гомеостаз организма внутренних факторов существуют согласованные пределы допустимых изменений (по уровню артериального давления, нарушение обмена веществ в крови и др.). Возникающие при этом изменения рассматриваются как непосредственные причинные факто-

ры нарушения здоровья, в то время как воздействие факторов считается условием развития патологического процесса. В данном контексте особо актуальным является анализ нарушений обменных процессов в организме и ответа его направленного на нормализацию границ гомеостатических величин. Процесс нормализации гомеостаза организма основан на процессах регуляции и ответа организма на экзогенные и эндогенные факторы риска для здоровья. В первую очередь — это ответная реакция иммунной системы и ее гуморального звена.

Для развития болезни помимо наличия факторов риска в среде обитания необходимо еще, по крайней мере, два условия: 1) наличие предрасположенности к болезни, 2) уменьшение защитных свойств организма и снижение его адаптационных возможностей.

В практике контроля тяжести состояния применяется клинико-биохимического мониторинг. На его основе изучаются адаптации функциональных систем организма по многим направлениям оценки состояния организма.

Болезнь — это всегда результат нарушения нормальной регуляции функций со стороны регуляторных механизмов. Такое нарушение возникает как результат воздействия внешних или внутренних факторов (2, 4).

Гомеостатические свойства целостного организма являются результатом одновременного действия многочисленных сложно организованных регуляторных механизмов, среди которых одно из центральных мест занимает иммунная регуляция, обеспечивающая постоянство уровней вещества и энергии в организме, его органах и тканях.

Эндогенные биогенные амины, являясь нейромедиаторами, играют важную роль в механизме возникновения ряда заболеваний, связанных с изменением деятельности защитных функций иммунной системы. Их избыточное синтезирование организмом ведет к выработке естественных антител, что приводит к изменению свойств биорегуляторов: они способны связываться с биорегуляторами биологических жидкостей и участвовать в регуляции гомеостаза.

Изучение роли естественных антител к нейромедиаторам в течении биохимических процессов, происходящих в организме человека, позволило расширить спектр диагностических и прогностических иммуно-биохимических параметров. Особо актуальным явилось их применение в диагностике и прогнозировании течения кардиологических заболеваний.

Таким образом, современное состояние изучения и оценки состояния организма базируется на выявлении факторов риска развития патологии и на клинико-лабораторном контроле.

Игромания (игровая зависимость) — распространённое болезненное состояние, которое характеризуется неконтролируемой психологической зависимостью от азартных игр. Всего специалистами насчитывается около 200 видов зависимости (аддикции). Среди них числится и компьютерная игромания.

Человек остается здоровым до тех пор, пока не нарушается динамическое равновесие между антигенным воздействием и активностью иммунной системы. Одним из основных молекулярных инструментов, посредством которого иммунная система участвует в контроле за антигенно-молекулярным гомеостазом, являются антитела (AT), связывающие молекулы ксенобиотиков.

Современным тестом выявления иммунологического дефицита организма являются параметры синтеза естественных антител (е - АТ) к нейромедиаторам как эндогенной, так и экзогенной природы.

Существует мнение, что «игромания» сопровождается изменением уровня антител, наблюдается специфический иммунодефицит. По мере развития патологического состояния в организме у больного человека, происходит изменение уровня антител, возрастает способность избирательно связываться с антигенами, предохраняя организм от их патогенного воздействия.

Естественные антитела присутствуют в организме здоровых лиц к любым эндогенным собственным антигенам в той или иной концентрации. Поскольку е - АТ производятся к любым антигенам в организме, они оказываются вовлеченными в молекулярную регуляцию любых проявлений его жизнедеятельности.

При психофизиологическом перенапряжении реакции адаптации сопровождаются секрецией веществ пептидной природы в центральной нервной и иммунной системах организма.

Известно, что нарушение взаимосвязи нервной и иммунной систем при адаптации организма может инициировать развитие и способствовать прогрессированию различных заболеваний, имеющих хроническое течение. Значение анализа состояния иммунологической защиты в оценке развития заболевания у больных с патологией зависимости подтверждается функциональными параметрами действия естественных антител к нейромедиаторам, переизбыток или недостаток какого-либо из них может вызывать разнообразные нарушения гомеостаза организма. Таким образом, инициируется цепь биохимических реакций. Естественные антитела могут связываться с эндогенными биорегуляторами, устраняя нежелательное физиологическое действие при повышении содержания их в крови в случае возникновения заболевания или других нарушений. Биорегуляторы существуют в кровотоке короткое время в очень низких концентрациях.

Стрессорные факторы вызывают увеличение уровня β-эндорфина, гистамина и серотонина в сыворотке крови. Нарушение обмена данных метаболитов можно рассматривать как фактор развития иммунологических нарушений при болезни зависимости. В связи с этим уровень е — АТ к нейромедиаторам взаимосвязан с течением всех процессов, включая регуляторные в норме и патологических функциональных расстройствах, происходящих в организме, обусловленных нарушением обмена эндогенных веществ и являются стабильными носителями информации о процессах, происходящих в организме.

Известно, что естественные антитела к β-эндорфину, как и к другим опиоидным пептидам, принадлежит важная роль в регуляции иммунных процессов и модуляции иммунного ответа на эндогенные и экзогенные антигены. Естественные антитела к серотонину (е - АТ к серотонину) являются нормальными компонентами сыворотки крови и синтезируются у всех здоровых лиц в строго определенных количествах, мало подверженных индивидуальным колебаниям. Изучение метаболизма нейромедиаторов показало роль гистамина и вырабатываемых к нему антител (е-АТ к гистамину) в передаче сигналов по центральной нервной системе.

Развитие игромании как патологического процесса ведет к нарушению иммунологической реактивности.

Были проанализированы результаты лабораторного контроля у 40 доноров и 30 пациентов, страдающих игровой зависимостью (табл. 1).

Таблица 1 – Данные о пациентах, участвующих в иммуно-

биохимическом контроле сыворотки крови

Группа	Заболевание	Количество па-	Возраст, лет	Соотношение	
		циентов, человек			
1	игромания	30	18+-2	40	
2	доноры	40	22+-4	60	

При клинико-лабораторном контроле была установлена взаимосвязь иммунологических параметров, отражающих нарушения систем регуляции на уровне образования естественных антител к биорегуляторам в сыворотке крови пациентов с игроманией.

На рисунках 1-3 изображены графики усредненных уровней е-AT к нейромедиаторам контрольной группы пациентов, у которых не выявлена игромания, и больных с диагнозом «болезнь зависимости – игромания».

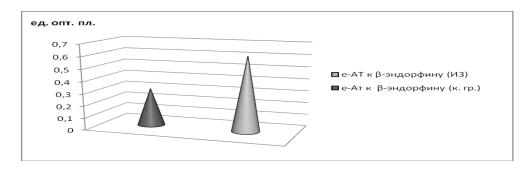


Рисунок 1 – Усредненное соотношение синтеза е-АТ к β-эндорфину

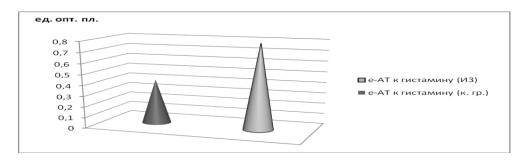


Рисунок 2 – Усредненное соотношение синтеза е-АТ к гистамину

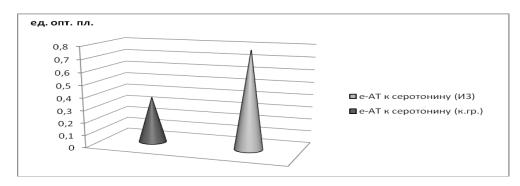


Рисунок 3 – Усредненное соотношение синтеза е-АТ к серотонину

Проведенное сопоставление уровня естественных антител к опиоидным пептидам в сыворотке крови у здоровых и лиц страдающих игровой зависимостью показало неоднозначность уровней анализируемых параметров естественных антител к нейромедиаторам в группе пациентов страдающих патологической зависимостью — игроманией. Из графиков видно явное превышение показателей у больных с зависимостью к игромании по сравнению с контрольной группой. Разница составляет 30-50%.

Технология контроля биохимических показателей с учетом результатов анкетирования и схема выполнения исследований предполагает выделить блоки подготовки и обработки данных для анализа (рисунок 4).

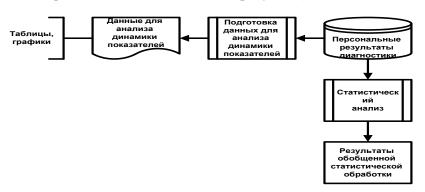


Рисунок 4 – Блоки подготовки и обработки данных для анализа

Блок анализа показателей должен выполнять статистическую обработку персональных результатов лабораторного контроля.

Применение в анализе параметров факторов риска, исследуемых тестов лабораторного контроля оценки гуморального иммунного ответа — синтеза естественных антител к нейромедиаторам в сыворотке крови позволит более полно оценить степень тяжести состояния организма и предложить оптимальный перечень тестов мониторинга конкретного пациента.

Технологическая схема выявления и анализа возникновения игровой зависимости представлена на рис. 5 и 6. в основе которой лежит контроль биохимических механизмов проявлений болезней — состояние нейромедиаторных систем и функции иммунной системы путем сравнения синтеза уровня естественных антител к опиоидным пептидам (e-AT к β-эндорфину) и биогенным аминам (e-AT к гистамину и серотонину) и обработки и мониторинга полученных результатов лабораторного контроля.



Рисунок 5 — Технологическая схема выявления и анализа риска возникновения игровой зависимости

Предложенная технология может быть применена на рабочих местах, оснащенных персональными компьютерами.

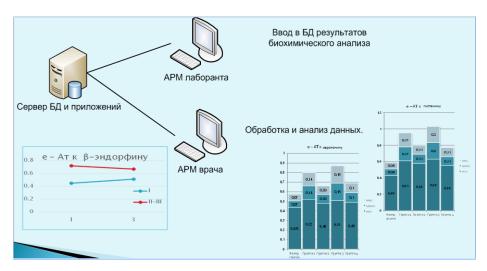


Рисунок 6 – Схема подсистемы обработки данных

Технология выявления и анализа риска возникновения игровой зависимости включает элементы применения ПК с совмещенным накопителем результатов анкетирования и лабораторного контроля, который предусматривает анализ обработанных данных и представление полученных результатов в удобной врачу форме – графики, диаграммы и др. При этом сервер базы данных (БД) и приложений связан с автоматизированным рабочим местом лаборанта (АРМ лаборанта) и аналогичным рабочим местом врача (АРМ врача), что усовершенствует подачу данных конкретного пациента и ускоряет процесс принятия решений по данному обследованному лицу.

Реализация технологии оценки риска возникновения игровой зависимости на основе нарушений синтеза естественных антител к нейромедиаторам, участвующих в процессе регуляции взаимодействия нервной и иммунной систем позволит:

- использовать предлагаемую технологию для обеспечения достоверности оценок функционального состояния взаимодействия систем регуляции на уровне нервной и иммунной систем;
- развить и усовершенствовать контроль состояния иммуно-биохимического гомеостаза пациентов с игровой зависимостью;
 - сократить продолжительность процесса анализа;
- обеспечить раннее выявление патологических изменений иммуно-биохимического статуса на основе мониторинга накапливаемых данных.

Исследование помогут создать алгоритм мониторинга иммуннобиохимических тестов на основе выявления уровня аутоантител к опиоидным пептидам (e-AT к β -эндорфину) и биогенным аминам (e-AT к гистамину и серотонину) лабораторного анализа, в том числе при работе на автоматизированном рабочем месте врача (APM врача) и лаборанта (APM лаборанта).

Данный подход позволит более полно оценить степень тяжести состояния организма, предложить оптимальный перечень тестов мониторинга кон-

кретного пациента и эффективно проводить мониторинг состояния здоровья пациентов, группы риска возникновения заболевания.

Список литературы

- 1. Бузик О.Ж. Клинические особенности игровой зависимости. Российский медико-биологический вестник им. Академика И.П. Павлова. № 4, 2007, 140-145
- 2. Земсков, А. М. Типовые иммунные расстройства при различных заболеваниях // А. М. Земсков, В. М. Земсков, И. И. Журихина и соавт. / Русс. мед. журнал. 2012. Т. 20, № 3. С. 82–85.
- 3. Мягкова М.А., Петроченко С.Н., Киселева Р.Ю., Морозова В.С., Шипицын В.В., Сокольчик Е.И., Брюн Е.А. Новый подход в диагностики заболеваний зависимости на основе иммуноферментного анализа естественных антител к эндогенным биорегуляторам // Здравоохранение и медицинские технологии. 2008. $N \ge 5$. 20-22.
- 5. Киселева Р.Ю., Петроченко С.Н., Постоюк Н.А., Брюн Е.А., Мягкова М.А. Современные методы оценки иммунного статуса для диагностики заболеваний зависимости на основе иммунноанализа // Материалы Конгресса «Человек и проблемы зависимости», Архангельск, 19-20 апреля 2010.

УДК 681.51

ОПИСАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

- © **Б.А. Истомин,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Т.В. Истомина,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

THE DESCRIPTION OF BIOLOGICAL FEEDBACK WITH USE OF ELEMENTS THEORIES OF AUTOMATIC CONTROL

- © **B.A. Istomin,** Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © T.V. Istomina, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье рассмотрены проблемы, связанные с недостаточностью теоретической проработки описания процесса функционирования биологической обратной связи. Предложено описание биологической обратной связи с использованием элементов теории автоматического управления. Разработано программное обеспечение для реализации экспериментальных исследований моделей БОС.

Ключевые слова: биологическая обратная связь, теория автоматического управления, программное обеспечение.

The problems associated with insufficiency of theoretical study describing the process of biofeedback functioning are considered in the article. A description of biofeedback using elements automatic control theory has suggested. The software for the implementation of experimental research biofeedback models has developed.

Key words: biological feedback, theory of automatic control, software.

E-mail: bob-magni@yandex.ru, istom@mail.ru

Актуальность применения биологической обратной связи (БОС) в настоящее время ни у кого не вызывает сомнения, однако в научно-технической литературе практически отсутствуют попытки теоретического описания про-

цессов, происходящих при ее функционировании. Очевидно, что это объясняется сверхсложностью и нелинейностью биологических объектов и их структурных элементов. Работа БОС осуществляется на психофизическом уровне, что также затрудняет поиски теоретических подходов к ее описанию.

БОС представляет собой методику, позволяющую контролировать биологические процессы организма, протекающие в обычном состоянии непроизвольно, такие как сердечный ритм, давление крови, напряжение некоторых мышц, температура кожи и другие [1]. Похожую формулировку дает Ассоциация прикладной психофизиологии и биологической обратной связи (ААРВ) [2]: основной задачей метода является обучение саморегуляции, обратная связь облегчает процесс обучения физиологическому контролю. Использование соответствующего оборудования делает доступной для пациента информацию, в обычных условиях им не воспринимаемую. В современных условиях не представляется никаких сложностей для того, чтобы регистрировать эти процессы и демонстрировать их в реальном времени обследуемому. Получив необходимые навыки, можно научиться самостоятельно контролировать параметры этих процессов, наблюдая их на мониторе, а затем и без его использования. БОС показала свою эффективность в решении проблем высокого кровяного давления, головной боли, хронической боли, мигрени, недержания мочи.

Одной из проблем, которую удается решить при использовании БОС, является снижение уровня стресса. Согласно проводимым исследованиям, люди, находящиеся в состоянии стресса, получали определенную пользу от БОСтренингов [1]. Во время длительного стресса некоторые внутренние процессы, такие как кровяное давление, могут становиться гиперактивными. Под руководством специалиста по БОС можно снизить кровяное давление посредством релаксации и умственных упражнений. Когда имеется положительный результат и его можно наблюдать на мониторе, это еще сильнее стимулирует усилия.

Во время стресса нарушается состояние гомеостаза и активируется ответная реакция организма. Для оценки уровня стресса используются такие физиологические параметры, как гальваническая реакция кожи, вариабельность сердечного ритма, кровяное давление.

Длительное время считалось, что вегетативная нервная система автоматически функционирует, не поддаваясь какому бы то ни было контролю. В 70-х первые исследователи опубликовали результаты, свидетельствующие о том, что некоторые субъекты могут контролировать определенные автономные функции (давление крови, сердечный ритм) и что, возможно, это связано с когнитивными факторами.

Одним из основных назначений применения БОС является возможность самостоятельно регулировать физиологические процессы, поддающиеся тренировке. Тренинг на основе БОС предусматривает подключение сенсоров, передающих отклики организма, которые преобразуются в визуальную или звуковую информацию и передаются в реальном времени, что позволяет их интерпретировать. В ходе проведения сеансов БОС имеется возможность накапливать положительный опыт, то есть запоминать, что определенное поведение или мысли являются предпочтительными и должны присутствовать чаще [3], т.е. иметь приоритет.

Моделирование механизмов протекания БОС является перспективной задачей, позволяющей решать важные проблемы. Изучение процесса поможет выявить скрытые механизмы, что в конечном итоге позволит повысить эффек-

тивность использования тренингов на основе БОС. В случае обнаружения опасных состояний тренируется запуск внутренних механизмов БОС для стабилизации состояния. При наличии адекватной модели появится возможность оценить влияние определенных факторов на протекание механизмов адаптации, а также прогнозировать, какое воздействие в данной ситуации даст наилучший эффект для стабилизации состояния. Кроме того, использование БОС стимулирует развитие технических и программных средств, облегчающих процесс саморегуляции, например, уже в настоящее время доступно большое количество мобильных приложений и устройств для регистрации и визуализации физиологических параметров организма.

Рассмотрим особенности использования БОС. При этом прежде всего необходимо подключение датчиков к телу человека для организации обратной связи путем регистрации физиологических сигналов, например, с потовых желез (кожно-гальваническая реакция), ЭКГ, ЭМГ, ЭЭГ, температура тела. Данная информация подается человеку в форме аудио сигнала, либо компьютерной графики или других видов обратной связи. Иногда БОС представляет сочетание нескольких процессов, соотносящих информацию с нескольких сенсоров и интерпретируя их значения для расчета обратной связи с пользователем. В зависимости от назначения системы, используемые алгоритмы должны быть адаптированы к ее специфике, что делает процесс организации БОС достаточно сложной задачей.

БОС можно делить на две категории: прямая и косвенная. Прямая БОС основывается на сознательных физиологических функциях, таких, как мышечные сокращения, косвенные же соответствуют бессознательным функциям организма, таким, как частота сердечных сокращений или частота дыхания. Иногда барьер между прямой и косвенной БОС может быть легко преодолен: например, когда пользователь получает осознание параметров своего дыхания и начинает сознательно его контролировать. Внутри косвенной БОС есть эмоциональная БОС (Emotional/Affective Biofeedback), где различные непроизвольные сигналы параллельно интерпретируются для оценки влияния на эмоциональное состояние пользователя [4]. Один из примеров использования прямой БОС для реабилитации мышц показан в [6]. Для организации обратной пользована игра «Космический захватчик», функционирующая в двух режимах: расслабление и напряжение. В режиме напряжение в игре ведется огонь, когда регистрируемый уровень напряжения мышц выше порогового уровня, для режима релаксации команда огонь выполняется, когда регистрируемый уровень ЭМГ ниже порогового значения.

Во время проведения тренингов можно анализировать физиологические затраты на выполнение какого-либо стандартного испытания (и визуализировать их для испытуемого). Затем, по мере тренировки, эти затраты должны уменьшаться (это т. н. физиологическая цена, в качестве параметров рассматриваются ЧСС, АД, КГР, температура). Для определения эффективности могут использоваться разнообразные критерии, в частности широко используются критерии Р.М. Баевского. В общем случае эффективность определяется как отношение параметров результата к средствам его достижения.

Системы на основе БОС следует отнести к классу следящих систем, когда задающее воздействие представляет неизвестную заранее функцию времени. Количество регулируемых параметров определяет количество выходных векторов, соответственно система может быть как одномерной, так и многомерной. Если рассматривать БОС с позиции теории автоматического управления

(ТАУ), то необходимо выделить объект управления (или их совокупность, то есть управляемую систему) и управляющую систему, образующие в совокупности систему управления. Управляемая система в данном случае — это физиологические параметры организма (частота дыхания, сердечный ритм и др.), а в роли управляющей выступает головной мозг. При функционировании системы имеют место воздействия, приводящие к тому, что требуемые и действительные значения регулируемой величины отличаются. В ТАУ это ошибка системы автоматического регулирования. В случае БОС также имеет место подобная ошибка, в качестве внешних факторов могут служить стрессовые ситуации, способные приводить к существенному отклонению физиологических параметров. Благодаря наличию обратной связи, возможной за счет использования технических средств — чувствительных элементов и устройств визуализации, биологический объект имеет в своем распоряжении сигнал ошибки, представляющий разность между задающим воздействием и сигналом обратной связи.

Для рассмотрения БОС с позиций теории автоматического управления обозначим группы переменных, характеризующие управляемые системы и объекты:

- переменные состояния $x_1(t)$, $x_2(t)$, ... $x_m(t)$, которые представляют их обобщенные координаты. Обобщенные координаты представляют собой независимые параметры, заданием которых можно однозначно определить положение всех материальных точек системы. Количество обобщенных координат в свою очередь представляет число степеней свободы системы;
- управляющие переменные $r_1(t), r_2(t), \dots r_m(t)$, представляющие воздействия на управляемый объект, которые создаются управляющей системой;
- внешние переменные или возмущающие воздействия $f_1(t)$, $f_2(t)$, ... $f_k(t)$, создаваемые в окружающей среде (сюда можно отнести внешние условия при протекании БОС эмоциональное воздействие, атмосферное давление, температура и др);
- наблюдаемые переменные $z_1(t)$, ... $z_l(t)$, которые представляют собой те из обобщенных координат управляемой системы, сведения об изменении которых поступают на управляющую систему. В данном случае это параметры, которые выводятся для БО, например, на экране монитора. Вектор состояния может совпадать с вектором наблюдения.

Состояние управляемой системы в любой момент времени определяется начальным состоянием в момент времени t_0 и векторами r и f:

$$x_i(t) = X_i\{x(t_0), r(t,t_0), f(t,t_0)\}.$$

Задача управления состоит в нахождении вектора управления r(t), при котором достигается экстремум некоторой функции E (этот экстремум – цель управления):

 $E\{x(t), r(t), f(t)\} =$ экстремум (максимум или минимум).

В процессе создания модели сложной системы необходимо поддержать баланс между сложностью и качеством. Нахождение вектора управления может проходить в два этапа: нахождение идеального вектора, который труднореализуем, и дальнейшая оптимизация для получения не только оптимального, но и реализуемого решения. В общем случае алгоритм управления или закон регулирования представляется в следующем виде:

$$r(t) = R\{\varepsilon(t), t\}.$$

В качестве задающего воздействия g(t) выступают допустимые значения физиологических параметров, например, допустимая частота сердечных сокращений (собственная норма конкретного индивида в нормальном состоянии). На блок

сравнивающего устройства приходят текущие регистрируемые значения этих показателей (рисунок 1). Оба параметра передаются испытуемому, например, в графическом виде. На основании этих данных рассчитывается ошибка $\varepsilon(t)$, на основании которой в свою очередь, с учетом внешних воздействий f(t) строится вектор управления r(t), являющийся функцией ошибки и внешних воздействий.

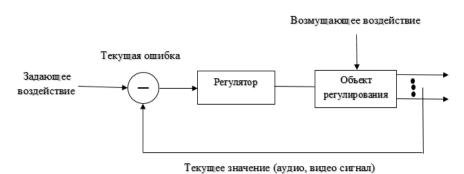


Рисунок 1

Анализируя механизмы протекания БОС, можно утверждать, что при резком изменении входной величины, выходная величина не изменяется мгновенно, то есть имеет место инерционная составляющая. В этой связи для моделирования механизмов протекания БОС можно использовать апериодическое звено первого порядка:

$$W(p) = \frac{\kappa}{_{1+Tp}},$$

где К — статический коэффициент передачи звена,

Т — постоянная времени.

Теоретически переходная функция будет бесконечно приближаться к значению К. Постоянная времени Т – это показатель инерционности звена, чем он выше, тем медленнее возрастает переходная функция и тем более инерционным является звено. В дополнение к этому, система будет гарантированно иметь время запаздывания, которое можно учесть введением звена с чистым запаздыванием

$$W(p) = e^{-\tau p}.$$

Итоговая передаточная функция принимает следующий вид: $W(p) = \frac{K}{{}_{1+Tp}} \, e^{-\tau p}.$

$$W(p) = \frac{K}{1+Tp} e^{-\tau p}$$

Для нахождения параметров передаточной функции можно использовать графическое представление переходной функции, которая определяется в разомкнутом состоянии. В нашем случае это будет кривая, отражающая восстановление физиологических параметров после оказанного воздействия. После оказания определенного воздействия, наблюдается реакция и последующее за этим восстановление будет являться искомой функцией. Необходимо отметить, что время запаздывания будет, по всей видимости, одним из ключевых параметров. Для построения подобного рода зависимостей необходим инструмент, позволяющий проводить массовые исследования и способный консолидировать полученные данные. В настоящее время разрабатывается электронный портал для исследования БОС (рисунок 2).

Любой желающий может зарегистрироваться, просмотреть и оценить прогресс своих тренингов, а также выбрать интересующее его испытание.

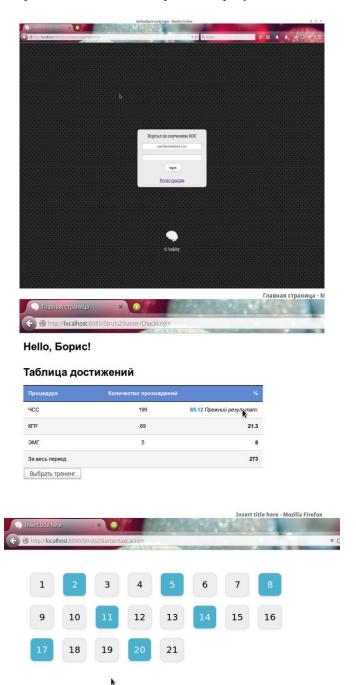


Рисунок 2

В его состав входят также десктопные части, позволяющие непосредственно взаимодействовать с любым зарегистрировавшимся пользователем и образовывать обратную связь с сохранением регистрируемых данных. Функционирование пор-

тала призвано обеспечить исследования достаточным количеством эмпирических данных для построения адекватной модели функционирования БОС.

Таким образом, предложено упрощенное описание функционирования БОС на основе теории автоматического управления и создана программная среда, позволяющая обеспечить имитационное моделирование БОС для оценки адекватности данного описания.

Список литературы

- 1. http://umm.edu/health/medical/altmed/treatment/biofeedback
- 2. http://www.aapb.org/
- 3. Vivian Holten. Bio- and neurofeedback applications in stress regulation. Neuroscience & Cognition, track Behavioural Neuroscience, 2009.
- 4. Vasco Pereira Torres. Development of Biofeedback Mechanisms in a Procedural Environment Using Biometric Sensors, 2013.
- 5. Акулов С.А., Федотов А.А. Основы теории биотехнических систем. M.: Φ ИЗМАТЛИТ, 2014. 259 с.
- 6. Rui Rodrigues. Development of Biofeedback Mechanisms in a Procedural Environment Using Biometric Sensors. Vasco Pereira Torres, 2013.

УДК 51-74:543.55

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ СЛОЖНЫХ ГЕТЕРОГЕННЫХ ТЕЛ

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

FEATURES OF CONDUCTANCE OF DIFFICULT HETEROGENEOUS BODIES

© A.V. Kireev, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Рассмотрено влияние особенностей молекулярного, микроскопического и макроскопического уровней организации внутренней структуры сложных гетерогенных тел на их электропроводность и диэлектрические свойства. Описаны основные причины нелинейности и частотной дисперсии параметров электропроводности. Проанализированы наиболее распространённые подходы к описанию электропроводности и представлены экспериментальные данные, не укладывающиеся в рамки существующих моделей. Сформулированы актуальные проблемы моделирования электропроводности сложных гетерогенных тел.

Ключевые слова: электропроводность, диэлектрическая проницаемость, перколяция, макроструктура, импеданс, нелинейность, частотная дисперсия.

Influence of features of molecular, microscopic and macroscopic levels of the organization of an inner pattern of difficult heterogeneous bodies on their conductance and dielectric properties is considered. Basic reasons of nonlinearity and the frequency dispersion of parameters of conductance are described. The most widespread approaches to the description of conductance are analyzed and the experimental data which aren't laying down in frames of the existing models are provided. Actual problems of simulation of conductance of difficult heterogeneous bodies are formulated.

Key words: conductivity, dielectric permeability, perkolyation, macrostructure, impedance, nonlinearity, frequency dispersion.

E-mail: kireewska@mail.ru

Многие природные и искусственные объекты, такие как тела растений и животных, почва земли, водоёмы с обитающими в них организмами, различные

строительные конструкции и т.п., в электрическом отношении ведут себя как единые системы и могут проявлять качественно новые свойства, отсутствующие у составляющих их компонентов. Причём эти свойства, наряду со свойствами и количественным соотношением отдельных компонентов, также во многом определяются их пространственным соотношением.

В сложных гетерогенных телах можно выделить 3 уровня пространственной организации, существенно отличающихся друг от друга по характеру влияния на результирующие электропроводящие свойства. Это молекулярный уровень, уровень микроструктуры и уровень макроструктуры.

На молекулярном уровне объект рассматривается в виде однородной смеси химических соединений, удельная электропроводность которой полностью определяются концентрациями свободных носителей заряда [1, с. 299]

$$\chi = \sum z_i n_i u_i \,, \tag{1.1}$$

где n_i, z_i и u_i - концентрация, относительный заряд и подвижность носителей.

В слабых, медленно изменяющихся полях удельную электропроводность можно считать практически постоянной. Её нелинейность начинает проявляться только при напряженности поля 10^5 - 10^6 В/м и объясняется насыщением дрейфовой скорости свободных носителей заряда, а так же ионизацией вещества [1, с. 321]. При увеличении скорости дрейфа носителей выше скорости их теплового движения электропроводность уменьшается как

$$\chi = \chi_0 E^{-\frac{1}{2}},\tag{1.2}$$

где γ_0 – удельная электропроводность в слабых полях [2, с. 188].

При дальнейшем увеличении напряженности начинается рассеяние носителей на фотонах, ток в материале почти перестаёт увеличиваться и наступает насыщение. В области еще более сильных полей наблюдается эффект «убегания» при котором подвижность носителей снова быстро возрастает.

Описанные эффекты свойственны диэлектрическим и полупроводниковым материалам. В металлических проводниках они практически не наблюдаются, так как из-за высокой концентрации свободных носителей заряда и эффекта экранирования, в них весьма затруднительно создать поля с требуемой величиной напряженности. В растворах электролитов увеличение напряженности внешнего поля до 10^6 $^ 10^7$ В/м, наоборот, приводит к увеличению электропроводности вплоть до теоретического предела, соответствующего электропроводности при бесконечном разбавлении (эффект Вина). Этот эффект объясняется в рамках теории Дебая — Фалькенгагена как следствие разрушения ионной атмосферы в сильном электрическом поле [3, с. 125].

Релаксация ионной атмосферы в растворах электролитов так же является основной причиной частотной дисперсии их электропроводности. Время релаксации ионной атмосферы определяется [3, с. 122] по формуле

$$\tau = \frac{r^2 \eta}{kT},\tag{1.3}$$

где r — радиус ионной атмосферы, η — коэффициент внутреннего трения раствора, k — постоянная Больцмана, T — термодинамическая температура.

Для разбавленных растворов (10^{-4} M) критическая частота переменного тока, при которой начинает проявляться дисперсия электропроводности, составляет прядка 1 МГц. Для насыщенных растворов она превышает 1ГГц.

Диэлектрическая проницаемость однородного материала так же зависит от концентрации молекул [4, с. 96] и приближенно определяется как

$$\varepsilon = 1 + n\beta, \tag{1.4}$$

где n и β – концентрация и поляризуемость молекул материала.

Для большинства однородных материалов нелинейность диэлектрической проницаемости проявляется только в очень сильных полях, при напряженности не менее 10^6 B/м [1, с. 330]. Часто её даже не удаётся зарегистрировать экспериментально. Только в сегнетоэлектрических и близких к ним по свойствам материалах нелинейность проницаемости начинает заметно проявляться уже при напряженностях поля $10^4 - 10^5$ B/м [5, с. 45].

Диэлектрическая проницаемость материала зависит от частоты изменения электрического поля. Это объясняется наличием нескольких механизмов поляризации, каждый из которых имеет свою критическую частоту, выше которой он перестаёт проявляться. В однородных материалах могут возникать упругая электронная и упругая ионная поляризации, имеющие время установления $10^{-13}-10^{-15}$ с и обеспечивающую диэлектрическую проницаемость не более 3 единиц, а так же дипольная ориентационная поляризация, имеющая время установления $10^{-8}-10^{-6}$ с. Диэлектрическая проницаемость соответствующая дипольной поляризации обычно не превышает 100 единиц, однако, в сегнетоэлектриках она может достигать нескольких тысяч [4, с. 101].

Таким образом, в обычных условиях (E<100 кВ/м, f<1МГц) при рассмотрении на молекулярном уровне электропроводность и диэлектрическая проницаемость любого объекта являются постоянными. Это вполне соответствует экспериментальным данным, получаемым для однородного столба электролита, полупроводников, диэлектриков и чистых металлов.

При рассмотрении на уровне микроструктуры электропроводящий объект представляется состоящим из нескольких геометрически отделённых друг от друга однородных участков, содержащих различные концентрации свободных носителей заряда и характеризующиеся различными величинами электропроводности и диэлектрической проницаемости. Совокупности таких участков с одинаковым составом образуют фазы электропроводящего материала, каждая из которых распределяется согласно внутренней структуре и занимает определённую часть общего объёма тела. К таким телам относятся биологические ткани и жидкости, грунт почвы и композитные материалы.

Такие объекты содержат множество однотипных элементов микроструктуры, распределённых регулярно, либо — случайным образом. Для упрощения описания в них выделяют представительные объёмы, свойства которых не зависят от положения внутри тела и соответствуют свойствам материала как единого целого [6]. Эти объёмы характеризуются эффективными значениями электропроводности и диэлектрической проницаемости.

Зависимость электропроводности гетерогенных материалов от взаимного соотношения фаз носит сложный нелинейный характер. Для её описания применяется теория перетекания, согласно которой резкое изменение электропроводности возникает вследствие объединения всех элементов высокопроводящей фазы в единый бесконечный кластер, насквозь пронизывающий всё тело

[7]. Критическая концентрация высокопроводящей фазы, при которой начинается образование бесконечного кластера, называется порогом перколяции $C_{\kappa p}$. Установлено, что эффективная электропроводность в перколяционных средах является степенной функцией их характерного размера [8]. Вблизи порога перколяции, для сильно неоднородных двухкомпонентных материалов, изменение эффективной электропроводности с концентрацией хорошо описывается с помощью эмпирического уравнения

$$\chi = \chi_1 \tau^t, \tag{1.5}$$

где χ_1 — удельная электропроводность высокопроводящей фазы, t - критический индекс проводимости, τ =(C- $C_{\kappa p}$)/ $C_{\kappa p}$ — критерий связности кластера.

Характерный размер представительного объёма можно оценить как

$$\xi \approx r_0 |\tau|^{-\nu},\tag{1.6}$$

где ${\bf r}_0$ – размер «зерна», v – критический индекс корреляционной длинны [8].

Для слабо неоднородных гетерогенных материалов, удельная проводимость фаз которых различается не так сильно, а так же для материалов, микроструктура которых далека от порога перколяции, зависимость проводимости от соотношения фаз является более сложной и для неё не существует универсальных закономерностей аналогичных уравнению (1.5).

Другой важной особенностью электропроводности гетерогенных материалов, в частности – композитов, является значительно более ярко выраженная нелинейность [10,11]. Обычно это объясняется тем, что локальные значения напряженности внутри неоднородного тела могут значительно превышать её среднее значение, так что отдельные участки тела даже при незначительном общем напряжении могут оказаться в зоне нелинейности.

Кроме этого нелинейность гетерогенных материалов объясняется появлением в них прыжкового механизма электропроводности [12], заключающегося в перескакивании электронов между проводящими зонами. Эффективная электропроводность материала при этом увеличивается как

$$\chi \approx \chi_0 e^{c\sqrt{\frac{eE\xi}{kT}}},\tag{1.7}$$

где χ_0 — эффективная электропроводность в слабых полях, c — постоянная, e — заряд электрона, ξ — характерный размер представительного объёма.

Для учёта нелинейности микроскопически неоднородных сред линейный закон Ома заменяется следующим квадратичным приближением [13]

$$j = \chi E + \chi * |E|^2 E, \qquad (1.8)$$

где параметр χ^* - обозначает нелинейную электропроводность материала.

Ярко выраженной нелинейностью обладает также электропроводность биологических тканей. Сопротивление тела человека в зависимости от величины приложенного напряжения может меняться в десятки раз. На рисунке 1 приведены экспериментальные данные, полученные разными исследователями (кривые 1, 2 — Фрайберг [14], кривая 3 — Манойлов [15, с. 146]).

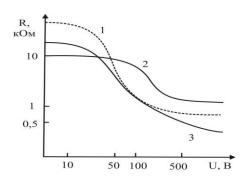


Рисунок 1 — Зависимость сопротивления тела человека от величины приложенного напряжения

Существенной нелинейностью обладает электрическое сопротивление не только кожных покровов, но и внутренних органов [15, с. 156]. Особенно это относится к возбудимым, и в частности к нервным, тканям. Причём незначительно она проявляется даже при очень малых напряжениях [16]. Природа этих явлений пока не нашла удовлетворительного объяснения.

В гетерогенных материалах, значительно более ярко проявляется и частотная дисперсия электропроводности. На рисунке 2 представлены зависимости удельного сопротивления некоторых биологических тканей от частоты переменного тока, построенные по данным, приведённым в [17, с. 394].

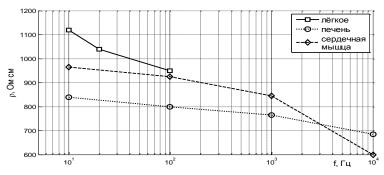


Рисунок 2 — Частотная дисперсия удельного сопротивления биологических тканей

Как следует из рисунка, дисперсия электропроводности биологических тканей заметно проявляется даже на очень низких частотах. Природа этой низкочастотной дисперсии остаётся до конца не выясненной. В области более высоких частот дисперсия электропроводности тканей проявляется ещё более ярко. В этой области её можно объяснить в рамках классической теории Дебая — Фалькенгагена, как следствие релаксации ионной атмосферы входящих в состав тканей электролитов. Характерные частотные зависимости удельной электропроводности некоторых биологических тканей, наблюдаемые в радиочастотном диапазоне, представлены на рисунке 3. Они так же построены по данным, приведённым в [17, с. 395].

Эффективная диэлектрическая проницаемость гетерогенных материалов значительно превышает истинную диэлектрическую проницаемость компонентов микроструктуры. Это связано с тем, что на уровне микроструктуры возникает новый механизм поляризации - поляризация Максвелла - Вагнера, извест-

ная так же как миграционная, поверхностная, или объёмно – зарядовая поляризация [18]. Её причинами являются различные проводящие и полупроводящие включения, а так же слои с различной проводимостью, в которых под действием внешнего электрического поля, происходит накопление некомпенсированных зарядов. В результате этого может достигаться очень большая величина эффективной диэлектрической проницаемости.

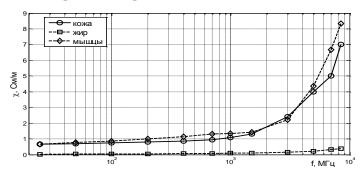


Рисунок 3 – Частотная дисперсия электропроводности биологических тканей

Поляризация Максвелла — Вагнера имеет время установления 10^{-6} - 10^{-3} с и проявляется только на низких частотах. Её протекание связано с весьма значительным рассеянием энергии в материале. В биологических тканях этот механизм поляризации проявляется преимущественно на частотах до 10~кГц и обусловлен наличием клеточных компартментов, релаксацией зарядов на микрососудах, фасциях, соединительных прослойках внутренних органов и других неоднородностях. Ему соответствует α — область дисперсии, в которой величина эффективной диэлектрической проницаемости живой биологической ткани может достигать сотен тысяч единиц (рисунок 4).

На более высоких частотах, соответствующих β — области дисперсии, простирающейся до 100 МГц, диэлектрические свойства ткани определяются преимущественно полярными макромолекулами, сосредоточенными как во внутри и внеклеточной жидкости, так и в двойном слое мембраны клеток. Из за большого размера дипольных макромолекул, ориентационная поляризация в данном случае обеспечивает значительно большие значения эффективной диэлектрической проницаемости, достигающие нескольких тысяч единиц.

Область γ — дисперсии, лежащая в диапазоне частот выше 100 МГц обусловлена релаксацией молекул воды и других небольших дипольных молекул. В этой области диэлектрическая проницаемость биологической ткани практически ничем не отличается от таковой для обычных материалов.

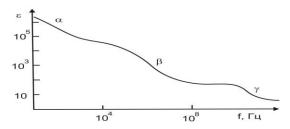


Рисунок 4 – Дисперсия диэлектрической проницаемости мышечной ткани

Необходимо отметить, что в доступной литературе практически отсутствуют сведения, касающиеся нелинейности эффективной диэлектрической проницаемости гетерогенных материалов. Однако есть все основания полагать, что такие свойства у них имеются и выражены - значительно ярче, чем у однородных материалов. Этот вопрос требует всестороннего изучения.

При рассмотрении объекта на уровне макроструктуры он представляется состоящим из нескольких соединённых между собой электропроводящих элементов, каждый из которых имеет свою микроструктуру и свой состав.

В отличие от микроструктуры, макроструктура почти не содержит однотипных элементов и для неё не может быть найден представительный объём, который можно было бы охарактеризовать с помощью эффективных значений электропроводности и диэлектрической проницаемости. Это сильно затрудняет математическое описание пассивных электрических свойств проводящих тел со сложной макроструктурой. С приемлемой точностью это удаётся сделать только при непосредственном использовании интегральных параметров, измеренных относительно определённых точек поверхности.

Однако интегральный импеданс тело сильно и непредсказуемо изменяется в зависимости от положения точек его измерения. На рисунке 5 представлено распределение сопротивлений различных участков тела человека, между которыми обнаруживаются устойчивые соотношения [15, с. 144]

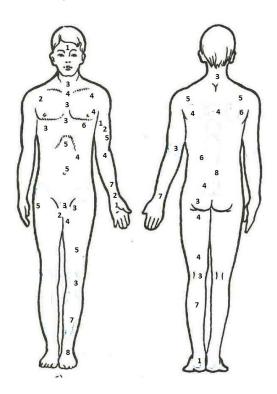


Рисунок 5 — Распределение электрического сопротивления тела человека 1 -0-20%, 2 -20-40%, 3 -40-60%, 4 -60-80%, 5 -85-100%, 6 -110-140%, 7 -140-180%, 8 -180-230%

Экспериментально установлено, что соотношения сопротивлений отдельных участков тела человека остаётся почти постоянным даже при сильной

вариации их абсолютных значений, обусловленных такими факторами как температура окружающей среды, влажность, время суток и время года. Это даёт основания полагать, что поверхностное распределение электрического сопротивления несёт в себе значительный объём полезной информации о внутренней структуре тела. Однако в настоящее время неизвестно методов её правильной интерпретации, равно как не существует и адекватных компактных моделей, позволяющих спрогнозировать изменения импеданса тела при произвольном изменении положения измерительных электродов.

Список литературы

- 1. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела: Учеб. 3-е изд., стер. М.: Высш. шк.; 2000. 494 с.
- 2. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 1985. 392с.
- 3. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия: Учеб. для хим.-технолог. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1984. 519 с.
- 4. Калашников С. Г. Электричество: Учебн. пособие. 6-е изд., стереот. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 624 с.
- 5. Поплавко Ю. М. Физика диэлектриков: учеб пособие для вузов. Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 400 с.
- 6. Гельд, П. В. Влияние структурных факторов на проводимость гетерогенных материалов / П. В. Гельд, Е. А. Матюшков // Неорганические материалы. 1992. Т. 28, N 8. С.1589-1605.
- 7. Efros, A. L. Critical behaviour of conductivity and dielectric constant the metal-non-metal transition threshold / A. L. Efros, B. 1. Shklovskii // Phys. stat. sol. (b). 1976. V. 76, No 2. P. 475–485.
- 8. Stauffer D., Aharony A. Introduction to Percolation Theory. 2nd ed. London: Taylor & Francis, 1992.
- 9. Лифшиц ИМ., Гредескул СЛ, Пастур Л.А. Введение в теорию неупорядоченных систем. М.: Наука, 1982. 362с.
- 10. Yu K. W., Hui P.M. // Phys. Rev. 1994. Vol. B50. P. 13327.
- 11. Zhang X., Stroud D. // Phys. Rev. 1994. Vol. B49. P. 944.
- 12. Шкловский Б. И., Неомическая прыжковая проводимость, "ФТП", 1976, т. 10, в. 8, с. 1440.
- 13. Снарский А.А., Буда С.И. Соотношения взаимности нелинейной проводимости фрактальных резисторов// Журнал технической физики, 1998, т.68, №11, С. 121.
- 14. Frelberger H. Der elektrische Widerstand des menschlichen Korpers gegen technischen Gleich- und Wechselstrom. Berlin, 1934.
- 15. Манойлов В.Е. Основы электробезопасности. Изд. 3-е, перераб. и доп. Л., «Энергия», 1976. 344с.
- 16. Киреев А.В. О нелинейной природе электрического импеданса биологических тканей человека // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. «Медицинские информационные системы», №8(109). Таганрог, 2010. С. 111-116.
- 17. Бигдай Е.В. и др. Биофизика для инженеров. Том 1. Биоэнергетика, биомембранология и биологическая электродинамика / Уч. Пособие под ред. Вихрова С.П., Самойлова В.О. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2008. – 496 с.
- 18. Максвелл Дж.К. Трактат об электричестве и магнетизме. Том 1. М.: Наука, 1989. 416 с.

УДК 504.75

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗОВЫХ БАЛЛОНОВ

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

SIMULATION OF SAFETY WHEN USING GAS TANKS

- © OA Logvina, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © KR Tarantseva, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © AV Trazanov, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Статья посвящена оценке состояния газовых баллонов в процессе их эксплуатации. Рассматривается возможность более полного учёта значений измеряемых характеристик в процессе освидетельствования баллонов и их использования для прогнозирования состояния в случае дальнейшей эксплуатации. Предлагается использование относительных значений изменений измеряемых характеристик и известных вероятностных функций от этих показателей.

Ключевые слова: масса, ёмкость, газовый баллон, предельные значения, срок использования.

Article is devoted to assessing the state of gas cylinders during their operation. The possibility of a more complete account of the measured characteristics in the process of examination of cylinders and their use for predicting the state in the event of further exploitation. It is proposed to use the relative values of the measured characteristics of changes and known probability functions of these parameters.

Key words: mass, capacity, gas, limits the use of the term.

E-mail: Olga_kr@list.ru

Взрывы и бесконтрольное горение больших объемов горючих веществ являются серьезными причинами для глубокого нарушения экологического баланса в окружающей среде, не считая того, что они обычно сопровождаются вторичными последствиями в виде массовых пожаров, а также загрязнением атмосферы продуктами горения. Более половины аварий газовых баллонов, связанных с потерей герметичности сосуда, сопровождаются механическими повреждениями и деформациями как самого сосуда, так и окружающего оборудования, вследствие неконтролируемого выброса газа находящегося под избыточным давлением, при этом образуется пожароопасная смесь горючего газа с воздухом, возгорание которой сопровождается образованием факелов горения или единичным взрывом с непредсказуемыми последствиями. Таким образом, зоны использования газовых баллонов является местами повышенной пожароопасности [4].

Природный газ или горючие смеси газов, как правило, хранятся и транспортируются в сосудах высокого давления (баллонах) На газовых месторождениях газ, выходящий под давлением из каждой скважины, пройдя систему предварительной очистки от влаги и взвешенных частиц, поступает, через сеть технологических систем и трубопроводов, на головные сооружения магистрального газопровода. На головных сооружениях производятся окончательная очистка газа от влаги, взвешенных частиц, сероводорода и углекислоты. Далее газ поступает в магистральный газопровод, доходит до конечных точек — газораспределительных станций и с пониженным давлением уходит в распределительные газовые сети городов,

населенных пунктов и к отдельным промышленным предприятиям или закачивается в баллоны под более высоким давлением.

Основным фактором, влияющим на надёжность газовых баллонов и её основные свойства, является изнашивание элементов сосудов.

Изнашивание представляет собой процесс отделения материалов с поверхности твёрдого тела при трении, коррозии и/ или увеличении его остаточной деформации, проявляющейся в постепенном изменении размеров и/ или формы тела.

Допустимый износ представляет собой важный, управляющий показатель, оказывающий влияние на безотказность и долговечность.

Предельный износ, обуславливающий потерю работоспособности баллона, довольно легко устанавливается при очередном периодическом освидетельствовании (диагностировании): по увеличению объёмной вместимости или уменьшению массы, дефекту резьбы в горловине баллона, потере герметичности или нарушению сплошности основного металла на внутренней поверхности баллона [3].

Это нельзя сказать о допустимом износе, неправильное его установление обнаруживается с большим запозданием и может привести к катастрофическим последствиям (катастрофам техногенного и экологического характера).

Подавляющее большинство сосудов, работающих под давлением, являются источниками повышенной техногенной и экологической опасности, следовательно для предупреждения аварийных ситуация во время эксплуатации во всём мире ведётся разработка систем контроля за их состоянием.

Вследствие отсутствия достоверной информации и человеческого фактора, возможны ошибки в определении технического состояния сосуда, что непременно отразится на параметре безопасности не только сосуда, но и всего объекта.

Рассмотри основные показатели состояния газового баллона (табл.1).

Таблица 1 – Измеряемые характеристики в процессе освидетельствования баллонов (Первоуральский новотрубный завод)

$N_{\underline{0}}$	№	Дата	Macca,	Macca,	Емкость,	Емкость баллона	Рабочее	Отметка о
п/п	баллона	изготов	выбитая	установленная				пригодности
		ления	на	при	на	освидетельствовании	$(\kappa \Gamma / c M^2)$	баллона
		баллона	баллоне	освидетель	баллоне	(п)		
			(кг)	ствовании (кг)	(л)	v_r		
			m_n	m_r	v_n	,		
1	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1474	1999	96,6	96,6	50,2	50,4	200	годен
2	747	1999	97,1	96,8	51,1	51,4	200	годен
3	3767	1999	89,5	89,5	51,2	51,3	200	годен
4	626	1999	93,5	93,0	50,3	50,5	200	годен
5	1008	1999	92,3	92,3	50,7	50,9	200	годен
6	3123	1999	91,2	90,7	50,2	51,8	200	годен
7	3136	1999	92,9	92,9	50,7	51,8	200	годен
8	3887	1999	92,1	92,1	50,7	50,8	200	годен
9	3126	1999	92,2	92,2	50,7	50,7	200	годен
10	1419	1999	94,0	93,4	51,7	51,8	200	годен
11	1297	1999	91,1	89,6	51,5	51,7	200	годен
12	3023	1999	92,8	92,7	49,7	51,0	200	годен
13	3931	1999	88,9	87,6	51,1	51,4	200	годен
14	3215	1999	92,2	91,9	50,2	51,0	200	годен

Введём относительные безразмерные показатели степени износа газового баллона

$$\mu = \frac{m_r}{m_n},$$

где m_r – масса реальная, m_n – масса номинальная,

$$\nu = \frac{v_n}{v_r},$$

где V_r – объём реальный, V_n – объём номинальный.

Поскольку $0 \le m_r \le m_n$ и $0 \le v_r \le v_n$, то значения обеих величин заключено в пределах [0,1]. Для нового баллона значение обоих показателей равны 1, для изношенного он меньше одного; значение 0 здесь имеет смысл чисто теоретический, т.к. объём величина положительная. Полученные таким образом показатели хорошо отражают степень износа, имеют значения соответствующие вероятностным величинам и являются безразмерными или выражаются в процентах [1].

Так как изменение сразу обоих показателей даёт большее представление о степени изношенности баллона, то рассмотрим функции, которые показывают степень пригодности баллона и степень его изношенности:

$$i_1 = \mu v$$
,
 $i_2 = (1 - \mu)(1 - v)$,
 $i_3 = 1 - \mu v$,
 $i_4 = \mu + v - \mu v$

Функция i_1 соответствует событию «оба показателя изменились одновременно», функция i_2 – «оба показателя одновременно остались неизменными», функции i_3 и i_4 представляют противоположные им события. Значения полученных функций также будут безразмерными и $i_1 \in [0,1]$

Построим таблицу, показывающую значения функций i_1 , i_2 , i_3 , i_4 для всех исследуемых баллонов (табл. 2).

11

12

13

14

1297

3023

3931

3215

0.984

0.999

0,985

0.997

баллонов							
No	№	m_r	v_n	i_1	i_2	i_3	i_4
п/п	баллона	$\mu = -$	$\nu = \frac{n}{n}$	1	2	3	4
		m_n	v_r				
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1474	1	0,996	0,996	0	0,004	1
2	747	0,997	0,994	0,991	1,08*10 ⁻⁷	0,009	0,999
3	3767	1	0,998	0,998	0	0,002	1
4	626	0,994	0,996	0,99	9,61*10 ⁻⁶	0,01	0,999
5	1008	1	0,996	0,996	0	0,004	1
6	3123	0,995	0,969	0,964	4,80*10 ⁻⁶	0,036	0,999
7	3136	1	0,979	0,979	0	0,021	1
8	3887	1	0,998	0,998	0	0,002	1
9	3126	1	1	1	0	0	1
10	1419	0,994	0,998	0,992	$2,40*10^{-6}$	0,008	0,999

Таблица 2 – Значение функций i_1 , i_2 , i_3 , i_4 для всех исследуемых баллонов

Полученные результаты позволяют нам сравнить степень надёжность тех баллонов, которые признаны годными, что позволяет, в случае необходимости, произвести последующее обследование в другие сроки или обследовать баллон дополнительно.

0.98

0.974

0.979

0.981

6.40*10-6

6,24*10

5,40*10-7

7, 67*10⁻⁷

0.02

0,026

 $\frac{0,021}{0,019}$

0.999

0.999

0.999

0.999

0.996

0,975

0.994

0.984

Функция i_4 оказывается наименее показательной, так как все её значения для реальных баллонов оказались близки к 1.

Граничными условиями для возможности использования газовых баллонов, являются изменение массы баллона на 7,5% или изменение объёма на 1%. В пересчёте на значения введённых нами функций, это будут значения, приведённые в таблице 3.

Таблица 3 — предельные значения массы и объёма баллонов и соответствующие им значения функций i_1 , i_2 , i_3 , i_4 .

<u>№</u> п/п	$\mu = \frac{m_r}{}$	$v = \frac{v_n}{v}$	i_1	i_2	i_3	i_4
	m_n	v_r				
1	0,075	0,01	0,00075	0,916	0,999	0,084

Из сравнения данных таблиц 2 и 3, видим, что показатели всех исследуемых баллонов далеки от критических.

Таким образом, необходимо исследование вопроса о возможности безопасного использования баллонов после установленного срока в 20 лет. Имеющиеся в результате проводимых регулярно обследований освидетельствования баллонов данные об их состоянии позволяют построить математические модели, описывающие процесс изменения состояния со временем. Это позволяет получиться дополнительные объективные данные без затраты дополнительных средств, и нанесения ущерба изучаемому баллону.

Построенные модели могут быть использованы не только для определения состояния баллонов на текущий момент времени, но и с целью прогнозирования его на несколько лет вперёд, что позволит в некоторых

случаях увеличить срок безопасной службы газовых баллонов и существенно снизить их стоимость их эксплуатации.

Список литературы

- 1. Логвина О.А. Количественные критерии оценки состояния сложных систем/ Логвина О.А. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2012. № 2. С. 95-102.
- 2. Логвин Ю.О., Таранцева К.Р., Логвина О.А., Коновалов В.В. Моделирование безопасности и рисков на газопроводах / Логвин Ю.О., Таранцева К.Р., Логвина О.А., Коновалов В.В. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. − 2012. − №2. − С. 125-132.
- 3. Тразанов А.В. Моделирование процесса импульсной дробеструйной обработки внутренней поверхности сосудов / К.Р. Таранцева, А.В. Тразанов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. — 2014. — №5. — С. 137-141.
- 4. Логвина О.А., Казаков В.А. Анализ рисков при обеспечении безопасности газопроводов// Труды XXIII Международного Симпозиума. Маскат (Оман), РГУИТ и П: 2008. С. 56

УДК 631.223.6+631.363

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ КОРМЛЕНИЯ СВИНЕЙ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

- © **В.В. Коновалов,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **А.И. Бобылев,** Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

FEATURES OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL LINES FEEDING PIGS ON THE ECOLOGICAL MODEL OF PRODUCTION

© V.V. Konovalov, Penza State University of Technology (Penza, Russia) © A.I. Bobylev, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)

Показана взаимосвязь структуры и состава технологических линий приготовления и раздачи кормов на эффективность использования кормов и величину кормовых потерь, ухудшающих экологическую обстановку. Снижение кормовых потерь и повторное использование кормовых остатков улучшает эффективность использования корма и уменьшает экологическую нагрузку. Представлена модель взаимодействия технических средств кормления свиней с окружающей средой.

Ключевые слова: линия кормоприготовления, кормораздающий агрегат, кормовые потери, остатки корма.

The relationship between structure and composition of the production lines of preparation and distribution of feed in the feed efficiency and the amount of feed loss, deteriorating environmental situation. Reducing losses and feed reuse fodder residues improves feed utilization efficiency and reducing environmental load. The model of interaction of technical means of feeding pigs with the environment.

Key words: line kormoprigotovleniya, kormorazdayuschy unit, feed losses, uneaten food.

Животноводческие фермы, как любые производственные объекты оказывают влияние, как на окружающую ее среду, так и на выращиваемых животных и персонал. Вредные воздействия фермы сказываются на животных и человеке на самой

животноводческой ферме через микроклимат помещений и воздействие машин и механизмов, так и посредством влияния на окружающую среду как источник условий содержания. Чем качественнее и питательнее корма, меньше нерациональные кормовые потери, тем меньше их тратится на получение конкретного объема животноводческой продукции, и соответственно меньше отходов и их воздействие на окружающую среду. Чем ниже питательность корма и выше обсемененность патогенной микрофлорой, тем выше вероятность вспышки заболеваний животных, а также больше объемы отходов производства, обсемененных микрофлорой. Соответственно, экологическая нагрузка на окружающую среду возрастает [1...4].

Структура и схема технологических линий доставки и раздачи кормов (рис.1) во многом определяется видом и консистенцией используемых кормосмесей. Корма приготавливают на комбикормовом заводе, в кормоцехе, непосредственно в свинарнике (или на его кормокухне) [5].

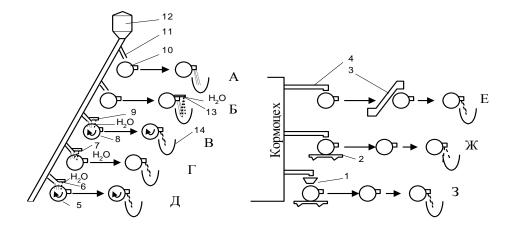


Рисунок 1 — Принципиальная схема технологических линий кормораздачи: 1 — бункер-накопитель влажной кормосмеси; 2 — траверсная тележка; 3 — конвейер в свинарнике; 4 — выгрузной конвейер кормоцеха; 5 — кормораздатчикзапарник; 6 — система подачи пара; 7 — увлажнитель; 8 — раздатчик-смеситель; 9 — устройство подачи воды; 10 — раздатчик сухого корма; 11 — конвейер сухих кормов; 12 — бункер сухих сыпучих кормов; 13 — увлажнитель-подогреватель корма; 14 — кормушка

На комбикормовом заводе производят сухие полнорационные комбикорма, готовые к употреблению. Иногда перед выдачей комбикорма увлажняют. Доставка корма на свиноферму (на склад или в бункера) производится автотранспортом. Предпочтительно использовать комплект в составе загрузчика ЗСК-10 с бункером БСК-10. Использование последнего снижает потери кормов от пыления при транспортировке и перегрузке.

Местные корма позволяют использовать картофельно-концентратный и корнеплодно-концентратный тип кормления. Для этого приготавливают смеси в кормоцехе. В случае применения стационарных кормораздатчиков затруднён их ремонт в станках с животными. При поломке мобильных раздатчиков, возможна быстрая их замена. Кроме того, они универсальны и позволяют легко переходить с одного рациона на другой. При приготовлении влажных мешанок в кормоцехе применение мобильных раздатчиков позволяет обслуживать поголовье незначи-

тельным количеством раздающих агрегатов. Поочередная раздача корма одними и тем же агрегатом снижает потери корма за счет налипания на стенках бункера раздатчика. Однако недостатком таких агрегатов является необходимость широких кормовых проходов и затрудненный въезд в помещение (открытие и закрытие дверей), а также необходимость устройства тамбуров. При механизированном сборе кормовых остатков из кормушек работа очистителей потребует прокладки в проходах направляющих и сложного механизма копирования рабочими органами очистителя поверхности кормовых ёмкостей. При проезде через ворота очиститель должен укладываться в габариты раздатчика.

Применение координатной системы раздачи корма позволяет повысить коэффициент использования рельсовых раздатчиков и устранить многие негативные моменты описанной ранее системы раздачи корма.

Использование комбикормов упрощает технологическую схему приготовления и раздачи кормов на животноводческих объектах. При этом преимущество координатных систем раздачи корма сохраняется.

Чаще всего (особенно у молодняка) животным выдают сухие комбикорма (вариант А рис.1). Основным достоинством данного способа является снижение затрат на очистку применяемого оборудования. Однако продуктивность животных при этом способе обычно ниже, чем при влажном кормлении, достаточно велики потери кормов от пыления. Забиваются легкие животных кормовой пылью, возникают болезни желудочно-кишечного тракта. Устранить данный недостаток можно на том же оборудовании, но при увлажнении комбикормов в бункере раздатчикасмесителя (вариант В рис.1). При этом необходим запас времени и энергии на смешивание жидкости и корма.

Указанные затраты снижаются при использовании увлажнителей на выгрузном лотке загрузочных конвейеров (вариант Γ рис.1). Однако бункер раздатчика подвергается воздействию влажного корма, из-за чего усиливается коррозия материала бункера и обильному осеменению кормосмеси микрофлорой. Этот негативный момент устраняется при увлажнении корма в момент его выдачи животным (вариант Γ рис.1) [6].

Основным недостатком влажных способов кормления является необходимость регулярной очистки используемого оборудования, контактирующего с ним. При ежедневной однократной очистке кормушек невозможно повторное использование собранных остатков. Подсохший корм требует повышения затрат энергии на его срезание и сбор. Использование механизированных способов очистки кормушек позволяет облегчить удаление объедей, улучшить гигиену кормления и повторно скармливать остатки корма. Для этого необходимо собрать не съеденный корм и направить для дальнейшего использования.

В зависимости от возможности выдачи остатков корма без дополнительной обработки или со стерилизацией, возможны несколько вариантов [5]:

- 1) транспортировка и выдача корма вручную старшему поголовью свиней;
- 2) доставка остатков транспортным средством (например, раздатчиком) для перегрузки в кормораздатчик и выдачи их при дополнительном кормлении старшего поголовья свиней;
- 3) доставка остатков корма для перегрузки в кормораздатчик-смеситель, в котором осуществляется смешивание остатков со свежей порцией корма. Полученная смесь выдается тем же кормораздатчиком;

- 4) доставка остатков корма раздатчиком-смесителем, в который они перегружены из очистителя. В данный раздатчик также производится загрузка влажного корма, а затем компоненты смешиваются (вариант Д рис.1);
- 5) при использовании раздатчика-смесителя в виде запарника предыдущий вариант сохраняется. Запаривание остатков корма в раздатчике осуществляется перед смешиванием со свежей порцией корма. Это позволяет снизить температуру запаренного корма и тем самым ускорить возможность выдачи кормосмеси;
- 6) после перегрузки остатков корма в раздатчик (рельсовый, расположенный в кормовой галерее или прицепной) и транспортировки их к кормоцеху, производится перегрузка в запарник, в котором остатки подвергнутся термообработке.

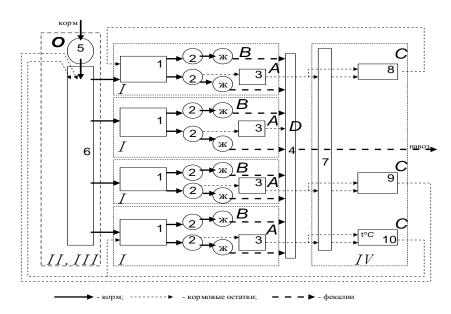


Рисунок 2 – Принципиальная схема перемещения корма в технологических линиях кормления свиней: ОА – линия приготовления и раздачи корма с очисткой кормушек от остатков корма; ОВ - линия приготовления и раздачи корма без очистки кормушек; ОС - линия приготовления и раздачи корма с повторным использованием остатков корма; OD - линия приготовления и раздачи корма без использования кормовых остатков; І-участок раздачи, скармливания корма и поддержания норм гигиены кормления: 1-кормораздающий агрегат; 2оборудование для скармливания корма; Ж-животное; 3-очиститель кормушек; 4-навозный канал; ІІ,ІІІ- участки хранения, доставки и распределения комбикорма по раздатчикам или приготовления, доставки и распределения влажных кормосмесей: 5-место хранения или приготовления корма; 6-система доставки корма и его распределения; IV- участок централизованного сбора кормовых остатков для их повторного использования: 7-централизованный сборщик кормовых остатков; 8-система выдачи остатков при дополнительном кормлении; 9система выдачи остатков как добавка к основному корму; 10-система термообработки кормовых остатков.

Обеззараженные остатки в виде добавок к влажной кормосмеси выгружаются из запарника кормоцеха (варианты Е,Ж,3 рис.1) в раздатчики, транспортирующие кормосмесь к свинарнику (цеху). Доставленный корм выдаётся животным.

Набор технических средств, способных, в своей совокупности, выполнить необходимую работу в соответствии с технологией кормления животных и учетом указанных ограничений, составит технологическую линию для данной фермы, комплекса или свинарника. Обобщая выше указанные возможные варианты использования остатков корма, представим их в виде схемы (рис.2). Если участки оборудования ОВ не предусматривают использования кормовых остатков, соответственно данные остатки прокисают и требуют удаления, направляясь в отходы — навоз (участки ОВD). Наличие системы сбора остатков (участки ОАС) позволяет использовать их повторно [5].

Масса каждого компонента, выдаваемая животному определится, кг [6]:

$$m_{i} = \frac{Q \pi_{i} \cdot A \pi \cdot f \phi_{i}}{\upsilon}, \qquad (1)$$

где $Qд_i$ – производительность дозаторов на конкретном корме, кг/с; A_{π} – фронт кормления животного, м; υ – скорость движения раздающего агрегата, м/с; $f\phi$ – коэффициент, учитывающий норму выдачи с учетом степени заполнения бункера раздатчика с данным кормовым компонентом.

Количество каждого корма (компонента), входящего в состав смеси загружаемой в бункер раздатчика, кг

$$Mk_i = N \mathbf{x} \cdot \mathbf{m}_i \cdot (1 + k_{3_{CM}}) \cdot (1 + 0.01 \cdot \delta \mathbf{z}_i), \tag{2}$$

где Nж – количество обслуживаемых животных, шт.; $k3_{cm}$ – коэффициент запаса смеси, с учетом возможных потерь. Используется по мере потребности; δg_i – процент погрешности дозаторов.

Количество смеси, подлежащее выдачи животным составит, кг

$$M_{\mathcal{K}} = \sum_{i} M k_{i} \cdot (1 - k_{\pi}), \qquad (3)$$

где k_{π} — коэффициент потерь в процессе приготовления, транспортировки и раздачи.

Количество корма, потребляемое животным, кг

$$m_n = \sum [m_i \cdot (1 + 0.01 \cdot \delta \mu_i)] \cdot [1 - 0.01 \cdot (K_{p1} + K_{p2} + K_{p3} + k_n)] \cdot (1 - 0.43 \cdot \nu_k), \quad (4)$$

где $K_{p1},~K_{p2},~K_{p3}$ – процент потерь кормов в процессе загрузки кормушек, в процессе скармливания корма, в качестве остатков в кормушке, %; ν_k - коэффициенты вариации выдачи премикса по животным.

Количество собираемых остатков корма, кг/м:

$$\mathbf{m}_{o} = \sum \mathbf{m}_{i} \cdot \mathbf{A} \mathbf{x} \cdot \mathbf{K}_{p3} \cdot \mathbf{K}_{s} / 10000, \qquad (5)$$

где k_s – процент сбора кормовых остатков, %.

Анализ выше представленных технологических схем позволяет на основе аналогии с другими технологическими процессами [7...11] разработать модель управления процессом (рис.3).

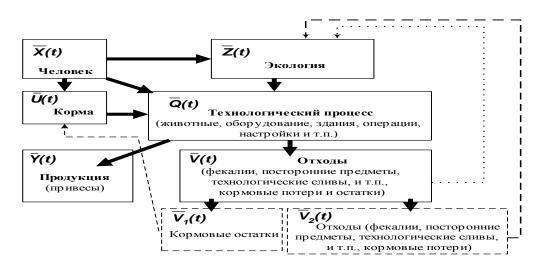


Рисунок 3 — Структурно-логическая модель системы управления кормами на животноводческом объекте

На реальном животноводческом объекте регистрируется вектор входных (управляющих /корма/ $\vec{U} = \begin{bmatrix} u_1, u_2 ... u_n \end{bmatrix}$ и возмущающих /окружающая среда - экология/ $\vec{Z} = \begin{bmatrix} z_1, z_2 ... z_n \end{bmatrix}$) воздействий $\vec{X} = \begin{bmatrix} x_1 \ x_2 \ ... x_m \end{bmatrix}$, определяемые действиями человека на предприятии в соответствии с технологией работ. Результат представляется как вектор определённого признака, характеризующий влияние условий функционирования исследуемой системы, и вектор выходных (управляемых) координат /продуктивность животных — их привесы/ $\vec{Y} = \begin{bmatrix} y_1 \ y_2 \ ... \ y_n \end{bmatrix}$, интерпретируемый как вектор результирующих показателей, функции отклика или результативных признаков, характеризующий поведение или эффективность функционирования (качество) исследуемой системы.

Осуществляется построение модели, устанавливающей причинноследственную связь между результативными \vec{Y} и определёнными \vec{X} факторами и конструктивном объяснении поведения вектора функций \vec{Y} результативного признака за счёт изменения факторов — аргументов \vec{X} , т.е. в определении класса допустимых решений F и в нахождении такой векторной функции из этого класса, которая давала бы наилучшую, в определённом смысле, аппроксимацию поведения вектора \vec{Y} на множестве точек — наблюдений $\{x_i\} | i = \overline{1,n}$ [8...11].

- 1. Управляемые координаты (управляемые переменные) совокупность характеризующих поведение объекта управления выходных величин \overline{Y} , текущими значениями которых требуется управлять для достижения поставленных задач. В физическом смысле это продуктивность животных.
- 2. Координаты состояния объекта внутренние переменные, характеризующие состояние технологий содержания и кормления животных, состав и структуру технических средств и отходов производства в отдельные моменты времени и экологическую нагрузку. Управляемые координаты \overline{Y} объекта формируются на

основе координат его состояния V - отходов, оцениваемые как «негативное» воздействие для окружающей среды.

- 3. Управляющие воздействия совокупность входных величин $\it U$, изменением которых обеспечиваем воздействия на объект с целью получения заданных параметров продукции животноводства. В физическом смысле – это изменяемые параметры сырья и технологий кормления.
- 4. Возмущающие воздействия совокупность неуправляемых входных величин Z, изменения которых оказывают нежелательное влияние на состояние объекта \overline{V} и его управляемые координаты \overline{Y} . Вектор возмущающих воздействий, в свою очередь, можно разбить на две составляющие - первую можно измерить, а вторую - нельзя. В физическом смысле данные воздействия - это действие окружающей среды и нормальные ошибки технологий: непостоянство окружающей среды и её воздействие на животных, производство и человека, нормальные ошибки дозирования и технологических переделов, неравномерность распределения физических и химических свойств кормов, надежность техники, человеческий фактор и т.д.
- 5. Внутренние (собственные) динамические параметры объекта совокупность величин \bar{O} , характеризующих внутренние свойства и количественную причинно-следственную взаимосвязь входных и выходных переменных. В физическом смысле - это ограничения, накладываемые на систему и зависящие от существующего уровня технологий содержания и кормления животных.

До введения системы управления кормовыми отходами животноводческого производства в виде утилизации их в экологически безопасный и экономически эффективный способ повторного использования кормовых отходов структурно-логическая модель системы управления отходами (на рисунке 3 выделена линией из мелких точек) согласно формулам 4.1-4.2 можно представить в виде:

$$\overline{Y} = f\left(\overline{X}; \overline{Z}; \overline{U}\right) + \overline{V},$$
 (6)

где векторы $\,\overline{X}\,$, $\,\overline{U}\,$, $\,\overline{Z}\,$ являются переменными относительно вектора $\,\overline{Y}\,$; \overline{Q} – вектор ограничений системы; \overline{V} – вектор внутренних координат (постоянное значение для выбранного уровня технологий кормления животных), характеризующий количество выделяемых отходов производства.

Использование кормовых отходов в качестве добавок к основному корму позволяет как уменьшить количество отходов, так и увеличить объемы продукции - привесы живой массы животных. Данные показатели являются компонентами вектора координат внутреннего состояния (отходы) и вектора управляемых координат (продукция), рисунок 3: $\overline{Y} = \overline{Y_1} + \overline{Y_2}$; $\overline{V} = \overline{V_1} + \overline{V_2}$.

После введения системы управления кормовыми отходами структурно-

логическая модель системы управления отходами преобразуется к виду:
$$\overline{Y}_1 + \overline{Y}_2 = f\left(\overline{X}; \, \overline{Z}; \, \overline{U}_1 + \overline{V}_1; \, \overline{V}_2; \right), \tag{7}$$

где векторы \overline{X} , \overline{U} , \overline{Z} являются переменными относительно вектора \overline{Y} ; \overline{Q} – вектор ограничений системы; \overline{V} – вектор внутренних координат, характеризующий количество выделяемых отходов, состоящий из суммы векторов: $\overline{V_2}$ — вектор, характеризующий количество отходов и $\overline{V_1}$ — вектор, характеризующий количество кормовых остатков используемых повторно на корм животных; $\overline{Y_2}$ — вектор, характеризующий дополнительную животноводческую продукцию, полученную из собранных и использованных кормовых отходов; $\overline{Y_1}$ — вектор, характеризующий выход животноводческой продукции из кормов первичного использования.

Как видно из анализа структурно-логическая модель системы управления отходами до и после введения системы управления отходами производства в виде повторного использования кормовых остатков вектор продукта производства равен: $\Pi\Pi = \overline{Y}_1 + \overline{Y}_2 > \overline{Y}$, что свидетельствует об увеличении выхода полезного продукта, а вектор отходов производства равен: $O\Pi = \overline{V} - \overline{V}_1 < \overline{V}$, что свидетельствует о снижении экологической нагрузки производства, повышении экологической безопасности технологий животноводства и эффективности предлагаемых решений.

Таким образом, разработанная структурно-логическая модель системы управления кормами на животноводческом объекте позволяет учесть влияние известных вариантов технологических линий и их воздействие на экологию животноводческого предприятия с учетом существующей величины кормовых потерь и кормовых остатков.

Список литературы

- 1. Коновалов В.В. Эколого-экономические аспекты и моделирование работы технических средств в кормлении сельскохозяйственных животных. // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2013. Т. 2. № 9 (13). С. 113-121.
- 2. Проблемы и перспективы развития агропромышленного производства. / Алтухов А.И., Иванов А.А., Макаренко Г.Л., Кукушкина Е.Е., Федотова О.В., Позубенкова Э.И., Позубенков П.С., Уланова О.И., Ефимов А.М., Котенов А.Д., Евдошенко В.В., Алексеева С.Н., Харитонова Т.В., Савватеева С.А., Кухарев О.Н., Семов И.Н., Старостин И.А., Гайнуллина М.К., Якимов О.А. Пенза, 2014.
- 3. Винничек, Л.Б., Методические подходы к определению миссии и целей стратегии развития сельскохозяйственной организации. / Л.Б. Винничек, Т.В. Харитонова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 2 (22). С. 122-126.
- 4. Алтухов, А.И. Развитие рынка фуражного зерна как фактор наращивания производства животноводческой продукции и ее импортозамещения. / А.И. Алтухов, Л.Б. Винничек // Нива Поволжья. — 2013. — \mathbb{N} 27. — С. 2-13.
- 5. Коновалов, В.В. Устройство и технологический расчет оборудования для кормления свиней. – Пенза: Пензенская ГСХА, 1998. – 176 с.
- 6. Коновалов, В.В. Обоснование технических средств приготовления и выдачи кормов в свиноводстве. Пенза, 2005. 314 с.
- 7. Кухарев, О.Н. Применение экономико-математических моделей для создания оптимальной структуры машинно-тракторного парка в сельском хозяйстве / О.Н. Кухарев, И.В. Гнусарев, Д.А. Ясавкин // Нива Поволжья. 2012. № 4. С. 121-125.

- 8. Бормотов, А.Н. Обоснование технологии утилизации отходов нефтеперерабатывающей промышленности при производстве экологически чистых композитов / А.Н. Бормотов, С.В. Тюрденева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. N2 1 (17). C. 109-112.
- 9. Бормотов, А.Н. Многокритериальный синтез композита как задача управления // Вестник Тамбовского государственного технического университета. -2010.-T. 16. -№ 4. -C. 924-937.
- 10. Колобова, Е.А. Методологические принципы математического моделирования и синтеза композиционных материалов из отходов нефтепереработки / Е.А. Колобова, А.Н. Бормотов, М.В. Кузнецова // Вестник Брянского государственного технического университета. −2013. −№ 2 (38). − С. 85–94.
- 11. Kolobova, E.A. Principisistema di modelli di interazione della produzione di rifiutipetrolchimica e l'ambiente natural / E.A. Kolobova, S.V. Tyurdeneva // Italian Science Review. 2015; 1(22). PP. 226–231. Available at URL: http://www.iasjournal.org/archive/2015/january/Kolobova.pdf.

УДК 004.021

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И КОМПОНЕНТНЫЙ ПОРТРЕТ В ОЦЕНКЕ ОБОРУДОВАНИЯ В ЕДИНОМ ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ

- © **И.А. Прошин,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Р.Д. Прошина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © **Г.Г. Долгов,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

MATHEMATICAL MODELS AND COMPONENT PORTRAIT EVALUATION OF EQUIPMENT IN A SINGLE SPACE STATES

- © I.A. Proshin, Penza State Technological University (Penza, Russia
- © **R.D. Proshina**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © G.G. Dolgov, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В работе на примере оценки электрической подстанции рассмотрен разработанный авторами метод и система индикаторов состояния оборудования, основанные на преобразовании результатов наблюдений за отдельными показателями в единую область значений с построением компонентного портрета состояний оборудования и обеспечивающие достоверность и сопоставимость оценок состояний всех элементов производственного процесса.

Ключевые слова: индекс состояния, компонентный портрет, оценка состояния, метод.

In the work by the example of an electrical substation developed by the authors reviewed the method and system status indicators equipment based on the transformation-vanii of observations of individual indicators into a single range of values with the construction of the component states portrait equipment and ensure the accuracy and comparability of estimates of the states of all elements of the production of pro-process.

Key words: state index, component portrait, state assessment, method. **E-mail:** proshin.Ivan@inbox.ru; dolgowgg@mail.ru

Эффективность предприятий машиностроения во многом определяется состоянием производственного оборудования и прежде всего элементов систем

электроснабжения, что обуславливает необходимость их мониторинга. Существующие методы мониторинга не обеспечивают сопоставимость оценок, как по отдельным показателям, так и по отдельным элементам и в целом производственных систем.

В настоящей работе представлен разработанный авторами метод оценивания состояния разнородного оборудования, основанный на преобразовании результатов наблюдений за отдельными показателями в единую область значений с построением компонентного портрета состояний. За основу принята система математических моделей индикаторов И.А. Прошина [1] (рисунок 1).

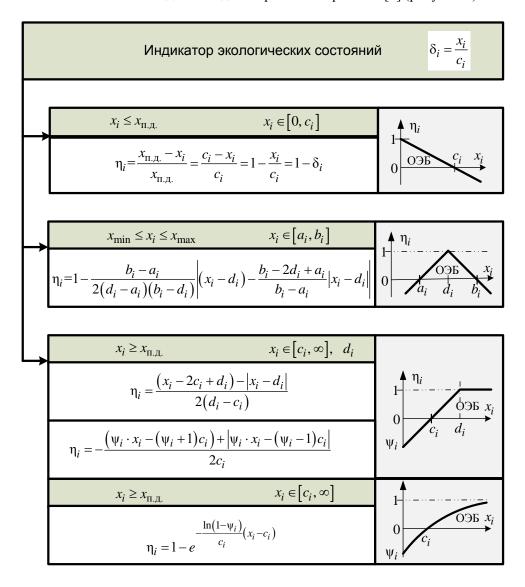


Рисунок 1 – Математические модели индикаторов состояний

3десь x_i , $c_i = x_{\Pi.Д.}$ — текущее и предельное значение контролируемого i — го показателя; $x_{\min} = a_i$, $x_{\max} = b_i$ — минимально и максимально допу-

стимые значения i — го показателя при интервальном задании области его допустимых значений; d_i — предпочтительное значения i — го показателя, ψ_i — значение показателя при x_i = 0 .

Предлагаемый метод рассмотрим на примере электрической схемы подстанции (рисунок 2). Комплексная оценка состояния элементов сетевого комплекса (ЭСК) объединяет в единое целое оценки всех его элементов.

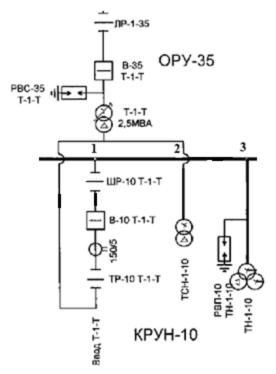


Рисунок 2 – Электрическая схема подстанции

ЛР-1-35 — линейный разъединитель, В-35 Т-1-Т — выключатель трансформаторный, РВС-35 Т-1-Т — разрядник трансформаторный, Т-1-Т — силовой трансформатор, ШР-10 Т-1-Т — шинный разъединитель, В-10 Т-1-Т — вводной выключатель трансформатора, ТР-10 Т-1-Т — трансформаторный разъединитель, Ввод Т-1-Т — ввод трансформатора, ТСН-1-10 — трансформатор собственных нужд, РВП-10 ТН-1-10 — разрядник трансформатора, ТН-1-10 — трансформатор напряжения, ОРУ-35 — отрытое распределительное устройство, КРУН-10 — комплектное распределительное устройство.

Каждый элемент (рисунок 3), входящий в состав электрической схемы, оценивается с точки зрения его надежности, состояния и работоспособности. Цифрами обозначены порядковые номера элементов подстанции, пунктирной линией объединены элементы подстанции в функциональные группы.

Все элементы электрической схемы распределены по группам оборудования:

- коммутационное оборудование подстанции;
- ограничители перенапряжений;

- силовое оборудование подстанции;
- собственные нужды подстанции;
- измерительные трансформаторы.

Следовательно, управляемыми координатами ЭСК являются его иформационные показатели состояния и работоспособности.

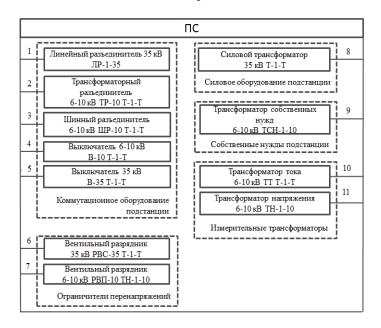


Рисунок 3 – Компоненты электрической схемы подстанции

Техническое состояние элементов оборудования подстанции оценивается с помощью метода, основанного на введении для каждого параметра оборудования бальной оценки [1, с. 50]. В качестве оценки принимают безразмерные дискретные числовые значения на интервале [0, 4] (0 — наихудшее, а 4 — наилучшее состояние) [2, с. 39].

Использование бальных оценок с последующим вычислением индексов состояния элементов электрической подстанции в виде взвешенной суммы оценок его отдельных параметров, характеризующий техническое состояние единицы оборудования и принимающий целые значения на интервале [0, 100] (0 — наихудшее, а 100 — наилучшее состояние элемента), позволяет определить индекс состояния (ИС) [1, с. 52]. Вместе с тем, различие областей нормирования для разнородных параметров и множество разнотипных элементов электрической подстанции, а также некоторый произвол в назначении баллов, приводит к неточности оценок, затрудняет нахождение единых оценок для различных элементов и их интерпретацию.

За основу построения системы мониторинга и управления активами предприятия принят комплекс математических моделей, разработанный д.т.н. И. А. Прошиным [3, с. 60] (рисунок 1).

На рисунке представлены методы и математические модели, а также графическое представление определения индекса состояния производственного оборудования.

Математические модели обеспечивают трансформацию о разнородных показателях в единую область пространства.

Применим рассмотренный метод и математические модели для оценки состояния ЭСК (рисунок 2) [4, с. 31]. Исходные данные отдельного элемента приведены в таблице ниже (таблица 1). Коммутационное оборудование подстанции: выключатель 6-10 кВ В-10 Т-1-Т.

В таблице 1 представлена информация о текущем значении параметров x_i и их области нормальных значений, а также приведены рассчитанные на основе моделей (рисунок 1) значения индикаторов состояния η_i . Индексы вычислены с учетом весовых коэффициентов w_i как средневзвешенные арифметическое и квадратичные значения.

Таблица 1 – Индикатор состояния выключателя 6-10 кВ В-10 Т-1-Т

№ п/п	Наименование параметра	Текущее значение X_i	Норматив	Индика- тор Состоя- ния η _i	Bec W _i
1	СИВЦ	50	$1 \le x_1 \le 100000$	0,001	2
2	OBO	5	$3 \le x_2 \le 100000$	0,001	1
3	СИПЧ	3000	$300 \le x_3 \le 1000000$	0,06	2
4	ОКР	10	$x_4 \le 15$	0,3	4
5	ХПЧ	158	$156 \le x_5 \le 160$	0,3	3
6	ИТН	15	$x_6 \le 30$	0,5	3
7	СКС	30	$x_7 \le 60$	0,5	3
8	CC	10	$x_8 \le 25$	0,6	4
9	ХК	30	$29 \le x_9 \le 32$	0,67	3
10	BBC	0,025	$x_{10} \le 0.075$	0,7	1
11	BOC	0,015	$x_{10} \le 0,075$ $x_{11} \le 0,045$ $x_{12} \le 0,065$	0,7	1
12	ВОП	0,01	$x_{12} \le 0.065$	0,8	1
Средневзвешенное арифметическое $\overline{\eta} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot \eta_i \left/ \sum_{i=1}^n w_i \right.$					
Среднее квадратичное взвешенное $\eta = \sqrt{\sum_{i=1}^n w_i \cdot \eta_i}$					

Для наглядного представления информации о каждом элементе построен компонентный портрет состояния (КПС) [3, с. 63] в пространстве ранжированных компонент вектора состояния. Под обозначением каждой компоненты приведены весовые коэффициенты [5, с. 152].

В таблице 1 приведена информация о параметрах выключателя 6-10 кВ В-10 Т-1-Т. Введены следующие обозначения параметров:

- Сопротивление изоляции вторичных цепей → (СИВЦ), единица измерения Мом;
 - Операции В и О при опробовании → (OBO), единица измерения шт;
- Сопротивление изоляции подвижных частей \rightarrow (СИПЧ), единица измерения Мом;
- Остаточный коммутационный ресурс → (ОКР), единица измерения цикл;
 - Ход подвижных частей → (ХПЧ), единица измерения мм;
- Избыточная температура нагрева внешнего контактного соединения → (ИТН), единица измерения –град С;
- Сопротивление контура контактной системы \rightarrow (СКС), единица измерения мкОМ;
 - Срок службы → (СС), единица измерения год;
 - Ход в контактах \rightarrow (ХК), единица измерения мм;
 - Время включения собственное → (BBC), единица измерения c;
 - Время отключения собственное → (BOC), единица измерения c;
 - Время отключения полное → (ВОП), единица измерения с.

По результатам проведенных расчетов (таблица 1) построен КПС масляного выключателя, представленный на рисунке 4. Внешний контур КПС [6, с. 117] соответствует идеальному состоянию показателя, нулевой — предельно допустимому.

Цифрами в рамке обозначены индексы состояния компонентов системы, красными кружками обозначены неудовлетворительные показания индекса состояния, желтыми кружками обозначены показатели индекса состояния, требующие особого внимания.

Область значений от ноля до единицы соответствует области допустимых значений показателя и в численном виде отражает запас по уровню состояния элемента по каждому параметру. Так, запас качества по параметрам ОКР и ХПЧ составляет 0,3. Наибольший запас, равный 1, соответствует классу промышленной чистоты (КПЧ). Вместе с тем, наиболее существенным является то обстоятельство, что по параметру сопротивление изоляции вторичных цепей индикатор состояния имеет значение близкое к нулю 0,001, по параметру операции В и О при опробовании имеет значение 0,01, по параметру сопротивление изоляции подвижных частей - 0,06, что свидетельствует о неудовлетворительном состоянии масляного выключателя и необходимости проведения с этим элементом профилактического ремонта.

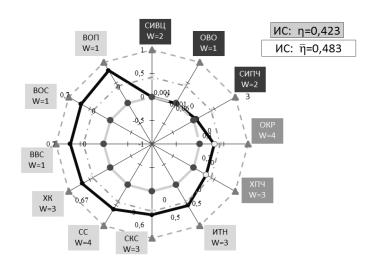


Рисунок 4 — Компонентный портерет состояния выключателя 6-10 кВ В-10 Т-1-Т ИС — индекс состояния, η , $\overline{\eta}$ — средневзвешенные арифмитическое и квадратичное значения индекса состояния, w — вес элемента

Таким образом, предложенный метод оценки технического состояния оборудования обеспечивает трансформацию текущих значений параметров каждого элемента системы в единую область значений индикаторов состояния с возможностью их формализованного агрегирования в систему стратифицированных индексов. Разработанный компонентный портрет состояния оборудования позволяет представить полную информацию о состоянии оборудования в наглядном виде, удобную для быстрого принятия решений по воздействию на элементы электрической подстанции.

Список литературы

- 1. Прошин И.А., Долгов Г.Г. Программный комплекс состояния активов предприятия // Сборник статей по материалам Международной научнопрактической конференции «Технические науки от теории к практике». Новосибирск: Изд-во «СибАК». 2013. №12 (25). С. 49 53.
- 2. Прошин И.А., Долгов Г.Г. Метод определения индекса состояния масленого выключателя // Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции «Теоретические и практические вопросы науки XXI В». Уфа: Изд-во НЦ «Аэтерна». 2014. С. 37 40.
- 3. Прошин И.А., Долгов Г.Г. Метод оценки технического состояния производственного оборудования // Технические науки. Ставрополь. 2014. С. 59-63.
- 4. Прошин И.А., Долгов Г.Г. Метод оценки технического состояния производственного оборудования // Технические науки. Махачкала. 2014. С. 30-32.
- 5. Прошин И.А., Сюлин П.В. Компонентный портрет экологической безопасности // Проблемы региональной экологии. 2013. № 6. С. 151–154.
- 6. Прошин И.А., Сюлин П.В., Долгов Г.Г. Метод оценки технического состояния производственного оборудования // Технические науки. Москва. 2014 С. 115-121.

УДК 504.054+579

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МАЗЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ

- © Д.А. Захаркин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **К.Р. Таранцева**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © **Е.Е. Полунина**, ОАО Биосинтез (г. Пенза, Россия)

INVESTIGATION OF EFFICIENCY WASTEWATER TREATMENT FROM OINTMENT PRODUCTION BY USING OF COMBINED METHOD ON THE BASE OF SODIUM HYPOCHLORITE

- © D.A. Zaharkin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © K.R. Tarantseva, Penza State Technological University (Penza, Russia) © E.E. Polunina, Biosynthesis (Penza, Russia)

Статья посвящена исследованию эффективности очистки сточных вод с производства мазей при совместном использовании гипохлорита натрия, коагулянтов POLYPAFC, POLYPACS-30 и флокулянтов марки Besfloc, с дополнительной сорбционной доочисткой углем марки Norit CA-1. В результате исследований выявлено, что использование гипохлорита натрия увеличивает эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов в среднем на 5-6 %, а дополнительная сорбционная очистка углем марки Norit CA-1 еще на 10-12%.

Ключевые слова: сточные воды, очистка, химико-фармацевтическое производство, производство мазей, гипохлорит натрия.

Article is devoted the effectiveness of purification wastewater from the production of ointments by concurrent use of sodium hypochlorite, coagulants POLYPAFC, POLYPACS-30 and flocculants brand Besflos, with additional sorption by carbon brand Norit CA-1. The studies discovered that the use of sodium hypochlorite increases the efficiency of purification wastewater from oil products by an average of 6.5% and additionally on 10-12% by use carbon brand Norit CA-1.

Key words: Waste water treatment, chemical and pharmaceutical production, ointments, sodium hypochlorite.

E-mail: zaharkin.1991@mail.ru, krtar@bk.ru, polunina_ee@biosintez.com

Вопросы очистки сточных вод предприятий химико-фармацевтической промышленности до сих пор остаются актуальными, ввиду их сложного много-компонентного состава и ряда сопутствующих факторов [1-3]. Ранее нами была исследована эффективность очистки сточных вод поступающих с производства мази хондрофена (мазевая основа — вазелин 35 %, ланолин 10%) флокулянтами К-6641, К-6645 и К-6651, К-6741 марки Besfloc для очистки сточных вод [4].

Целью данной работы является исследование эффективности эффективности очистки сточных вод с производства мягких лекарственных средств при совместном использовании гипохлорита натрия, коагулянтов POLYPACS-30 и POLYPAFC, флокулянтов марки Besfloc (К 6645, К 6732, К 051C, К 6630, К 6735), с дополнительной сорбционной доочисткой углем марки Norit CA-1 [5-8].

Натрия гипохлорит — натриевая соль <u>хлорноватистой кислоты</u> является химическим веществом с химической формулой NaOCl,

Гипохлорит натрия является неустойчивым соединением, и легко разлагается по следующей реакции: $2 \ NaOCl = 2 \ NaCl + O_2$.

При нагревании параллельно происходит и реакция диспропорционирования: $3 \ NaOCl = NaClO_3 + 2 \ NaCl$

Гипохлорит натрия образует в воде хлорноватистую кислоту и гипохлорит ион в соотношениях, определяемых рН раствора (таблиц 1). Соотношение между ионом гипохлорита и хлорноватистой кислотой определяется протеканием реакций гидролиза гипохлорита натрия и диссоциации хлорноватистой кислоты.

В водных растворах гипохлорит натрия диссоциирует на ион натрия и гипохлорит ион:

 $NaOCl(+H_2O) = Na^+ + OCl^-$

Гипохлорит ион в водной среде подвергается гидролизу:

 $OCl^{-} + H_2O = HOCl + OH^{-}$

Таким образом, можно сказать, что при pH выше 10 происходит кислородное разложение, при pH 5-10 - кислородное и хлоратное, при pH 3-5 - хлорное и хлоратное, при pH меньше 3 - хлорное разложение растворов гипохлорита натрия.

Гипохлорит натрия является сильным оксидатором, реагирующим со многими восстановителями вне зависимости от pH среды.

Таблица 1 — Соотношение гипохлорит -иона и хлорноватистой кислоты в зависимости от pH.

Значение рН	Показатель	Содержание, %
4	HClO	95-100
4	ClO-	0-5
5	HClO	90
5	ClO-	10
(HClO	80
6	ClO ⁻	20
7	HClO	60
7	ClO ⁻	40
7.5	HClO	40
7,5	ClO ⁻	60
8	HClO	30
o	ClO-	70
9	HClO	10
9	ClO-	90
10	HClO	0-5
10	ClO-	95-100

Водные растворы гипохлорита натрия неустойчивы и со временем разлагаются даже при обычной температуре (0,085 % в сутки). Распад ускоряет освещение, ионы тяжёлых металлов и хлориды щелочных металлов; напротив, сульфат магния, ортоборная кислота, силикат и гидроксид натрия замедляют процесс; при этом наиболее устойчивы растворы с сильнощелочной средой (pH > 11).

Реагируя с жирными кислотами, гипохлорит натрия (вернее, в процессе двухсторонней реакции образовавшийся гидроксид натрия) превращает их в натриевые соли жирных кислот (мыла) и глицерин.

Методика эксперимента

Сточные воды с производства мягких лекарственных средств объемом 300 мл (6,5÷ 8,0 pH, $T=23^{\circ}C$) помещали в стеклянном стакане вместимостью

400 мл на магнитную мешалку. Затем к стоку добавляли серную кислоту с концентрацией 20% для доведения водородного показателя до 6.0 ± 0.1 рН. После этого добавляли 20 %-й раствор сульфата железа $FeSO_4$ •7 H_2O . После выдержки с перемешиванием в течение 20 минут отбирали пробу для определения водородного показателя. О прохождении процесса восстановления органических веществ судили по снижению уровня рН на 0.4-0.6 единиц. После этого загружали раствор гипохлорита натрия с содержанием активного хлора 180-190 г/л для доведения водородного показателя до рН 6.5-7.

Затем к сточным водам добавляли коагулянт полиалюминия хлорид POL-YPACS-30 (либо полиалюминия хлорид железа POLYPAFC) и 0,2 мл флокулянта марки Besfloc (К 6645, К 6732, К 051С, К 6630, К 6735). Флокулянт подавали в виде водного раствора концентрацией 0,2 %, который готовили непосредственно перед применением. После добавления флокулянта раствор выдерживали без перемешивания в течении 20 минут, при этом наблюдался процесс укрупнения хлопьев. Количество подаваемого флокулянта в зависимости от особенностей стока и стадии прохождения окислительно-восстановительной реакции изменялось.

После этого полученный раствор фильтровали, фильтрат присоединяли к декантату, а влажный осадок направляли на утилизацию. В полученный частично очищенный сток загружали суспензию активного угля марки Norit CA-1 из расчета 1% от объема стока. После перемешивания в течении 30 минут осветленный сток фильтровали от угля.

В отфильтрованном стоке определяли содержания нефтепродуктов (НП) и показатель химического потребления кислорода (ХПК). Полученные результаты исследований представлены в таблицах 2 и 3 и рисунках 1 и2.

Таблица 2 – Содержания нефтепродуктов (НП) и показатель химического потребления кислорода (ХПК) в сточных вод, обработанных с использова-

нием гипохлорита натрия (без углевания сточных вод).

Наименова- ние коагу- лянта	Тип флоку- лянта Besfloc	Со- держа-	ние нефте- про- дуктов, мг/л	Эффектив- ность очист- ки стоков от нефтепро-		мг O_2/π	Эффектив- ность сни- жения ХПК, %
ни	Тип	Исх.	После обр-ки	Эф нос	Исх.	После обр-ки	Эф нож
POLYPACS-30	K 6645	127	36,8	71,01	684	250,34	63,4
POLYPAFC	K 6645	127	39,62	68,8	684	234,61	65,7
POLYPACS-30	K 6732	89	29,01	67,4	506	191,77	62,1
POLYPAFC	K 6732	89	28,04	68,5	506	201,9	60,1
POLYPACS-30	К 051С	203,5	71,84	64,7	865	317,5	63,3
POLYPAFC	К 051С	203,5	74,89	63,2	865	321,8	62,8
POLYPACS-30	К 6630	144	44,35	69,2	735	261,7	64,4
POLYPAFC	К 6630	144	46,37	67,8	735	272,7	62,9
POLYPACS-30	К 6735	104	34,42	66,9	592	232,67	60,7
POLYPAFC	К 6735	104	33.2	68,1	592	226,14	61,8

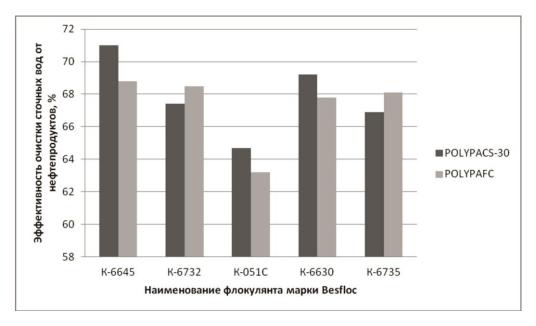


Рисунок 1 — Эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов при использовании гипохлорита натрия совместно с флокулянтами марки Besfloc и коагулянтами POLYPACS-30 и POLYPAFC

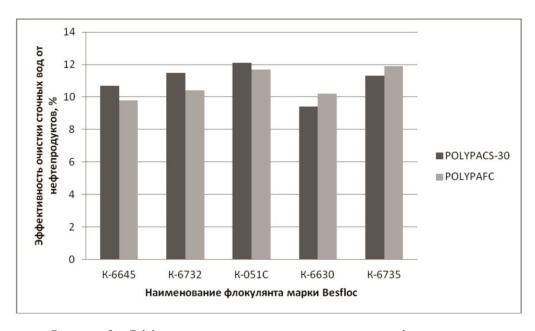


Рисунок 2 – Эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов после дополнительной сорбционной обработки активированным углем

Таблица 3 – Изменение содержания нефтепродуктов и показателя XПК после дополнительной сорбционной обработки активированным углем

Наименование коагулянта	Тип флоку- лянта Besfloc	Содер Исх.	иефтерования и про-ки и повети и повет	Эффектив- ность очистки стоков от нефтепродук-	Тока- хэм хангль ХПК,	После обр-ки углем	Эффектив- ность сниже- ния XIIK, %
POLY- PACS-30	K 6645	36,8	32,9	10,7	250,34	171,23	31,6
POLY- PAFC	K 6645	39,62	35,73	9,8	234,61	157,9	32,7
POLY- PACS-30	K 6732	29,01	25,7	11,5	191,77	131,55	31,4
POLY- PAFC	K 6732	28,04	25,12	10,4	201,9	133,86	33,7
POLY- PACS-30	К 051С	71,84	63,15	12,1	317,5	214,31	32,5
POLY- PAFC	К 051С	74,89	66,13	11,7	321,8	222,7	30,8
POLY- PACS-30	К 6630	44,35	40,18	9,4	261,7	182,41	30,3
POLY- PAFC	К 6630	46,37	41,64	10,2	272,7	186,8	31,5
POLY- PACS-30	К 6735	34,42	30,53	11,3	232,67	163,1	29,9
POLY- PAFC	К 6735	33.2	29,25	11,9	226,14	156,3	30,9

Таким образом, можно сделать вывод, что использование гипохлорита натрия увеличивает эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов с 60-65% (при использовании только коагулянтов и флокулянтов) до 65-71%. Дополнительное углевание стоков позволяет снизить содержание нефтепродуктов в стоках, обработанных с помощью гипохлорита натрия, ещё на 10,5-12%. Показатель ХПК в стоках, обработанных с помощью гипохлорита натрия, снижается на 60-66% от исходного содержания, а после обработки стоков углем снижается еще на 30-33%. Норма содержания ХПК составляет 405 мг O_2 /л, а норма содержания нефтепродуктов в сточных водах составляет 0,17 мг/л. Следовательно, обработка сточных с совместным использованием коагулянта, флокулянта и гипохлорита натрия (окислителя), является достаточным для снижения показателя ХПК до нормативных значений и недостаточным для снижения содержания нефтепродуктов до допустимых значений.

Список литературы

- 1. Таранцева К.Р., Красная Е.Г., Коростелева А.В., Лебедев Е.Л. Анализ техно-генного воздействия промышленных предприятий г. Пензы на гидросферу // Экология и промышленность России. 2010. №12. С.40-45.
- 2. Таранцева К.Р., Фирсова О.В. Влияние продуктов коррозии на токсичность промышленных стоков // Физикохимия поверхности и защита материалов. $2006. T.42. \mathbb{N} 2. C.204-209.$
- 3. Таранцева К.Р. Проблемы коррозионной стойкости оборудования в химико-фармацевтической промышленности //Коррозия: материалы, защита. 2007. №3. С.15-20.

- 5. Захаркин Д.А., Таранцева К.Р., Полунина Е.Е. Исследование эффективности флокулянтов besfloc для очистки сточных вод с производства мягких лекарственных средств // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 5 (21). С. 181-184.
- 6. Гетманцев С.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина; Научное издание. Издательство АСВ. М.: 2008. 272 с.
- 7. Гандурина Л.В. Очистка вод с применением синтетических флокулянтов. Монография. М.: «ДАР/ВОДГЕО» 2007. 198 с.
- 8. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. М.: Наука, 1977. 355 с.
- 9. 8.Запольский А.К., Баран А.А. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. Ленинград: Химия, 1987. 202 с.

УДК 681.5

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОСВЯЗНОГО МНОГОСЕКЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ

- © **И.А. Прошин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Е.Н. Салмов**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Д.В. Тимонин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

TECHNIQUES FOR MODELING OF MULTILINKED MULTIPLE SECTION ELECTRIC DRIVE FOR PAPER PRODUCTION

- © I.A. Proshin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © E.N. Salmov, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **D.V. Timonin,** Penza State Technological University (Penza, Russia)

Рассматривается подход к моделированию многосвязного многосекционного электропривода бумагоделательных машин, основанный на рассмотрении отдельных секций электропривода как вентильных электромеханических систем. Он обеспечивает проведение комплексных исследований многосвязных электроприводов и создание программных средств автоматизированного моделирования и анализа.

Ключевые слова: Многосвязный многосекционный привод, методика, модель, вентильно-электромеханическая система, производство бумаги, исследования.

We consider the approach to modeling of multilinked multiple section electric drive of paper machine, which is based on considering of separate sections of electric drive as gate-electromechanical systems. It provides multidisciplinary studies of multilinked electric drives and development of software for automated modeling and analysis.

Key words: Multilinked multiple section electric drive, techniques, model, gate-electromechanical system, paper production, research.

E-mail: proshin.Ivan@inbox.ru

Исследования и оценка эффективности работы приводов бумагоделательных машин (БДМ) на базе различных типов вентильных (ВП) и электромеханических (ЭМП) преобразователей [1-3], многосвязных многодвигательных вентильно-электромеханических систем (ВЭМС), а также алгоритмов управления ими в условиях интегрированного комплекса сетевых

автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) [4 – 6] обуславливают актуальность создания методики проведение комплексных исследований управляемых ВЭМС, как в динамических, так и статических режимах.

Как объект исследования привод БДМ характеризуется входными воздействиями \overline{Y} , объединяющими управляющие \overline{U} и возмущающие \overline{Z} воздействия $\overline{Y}=\{\overline{U},\overline{Z}\}$, выходными координатами \overline{X} , и вектором состояния \overline{V} , которые взаимосвязаны через параметры привода $\overline{\Theta}$ (рисунок 1).

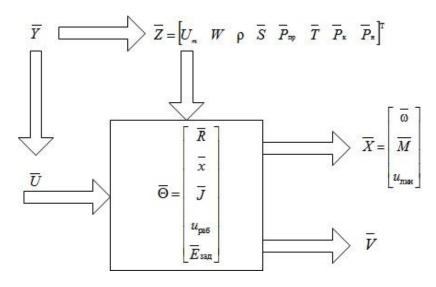


Рисунок 1 – Привод бумагоделательной машины как объект исследования

Вектор выходных координат объединяет угловые скорости роторов $\overline{\mathbf{0}}$; моменты \overline{M} ; линейную скорость бумажного полотна на накате БДМ $u_{\text{лин}}$, управление которыми обеспечивается напряжениями и частотой напряжений на обмотках электромеханических систем, составляющими управляющие воздействия $\overline{U} = \begin{bmatrix} \overline{U}_{\mathrm{O}} & \overline{F}_{\mathrm{O}} \end{bmatrix}^{\mathrm{T}}$.

К возмущающим воздействиям относятся: амплитуда входного напряжения U_m ; ширина бумажного полотна W; плотность бумаги ρ ; разрежения в элементах вакуумного хозяйства \overline{S} ; давления прижима в прессах $\overline{P}_{\rm np}$; температурные режимы в сушильных группах \overline{T} ; давления прижима каландров $\overline{P}_{\rm k}$; давления прижима наката $\overline{P}_{\rm h}$.

Внутреннее состояние системы описывается вектором состояния $\overline{V} = \begin{bmatrix} V_i & V_U \end{bmatrix}^{\rm T}$, который может быть задан физическими переменными: токами роторов, статоров и намагничивающих контуров \overline{I} ; потокосцеплениями $\overline{\Psi}$ и механическими координатами электромеханического преобразователя.

Вектор параметров включает: активные и реактивные сопротивления электрических машин \overline{R} , \overline{x} ; суммарные моменты инерции роторов двигателей и валов секций \overline{J} ; рабочая скорость машины $u_{\text{раб}}$; заданные опережения между соседними секциями $\overline{E}_{\text{зал}}$.

Структура привода бумагоделательной машины объединяет несколько

технологических участков, каждый из которых состоит из одной или нескольких приводных секций (рисунок 2).



Рисунок 2 – Структура привода бумагоделательной машины

Каждая секция многодвигательного привода представляет собой управляемую вентильно-электромеханическую систему (УВЭМС), включающую блок управления (БУ), вентильный преобразователь (ВП), электродвигатель (ЭД), механизм валов (В). Структурная схема системы «БУ – ВП – ЭД – В» показана на рисунке 3.

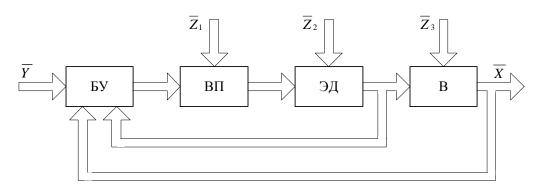


Рисунок 3 – Структура секции привода БДМ

Многодвигательная ВЭМС (рисунок 4) объединяет в единую структуру взаимосвязанную совокупность элементов: множество приводных секций $\Pi C_1 - \Pi C_n$ машины, устройство управления УУ и механические связи между секциями.

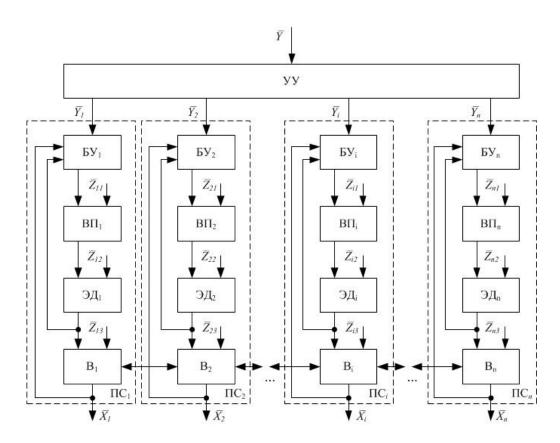


Рисунок 4 – Структура многодвигательной ВЭМС

Математическая модель привода БДМ как единая взаимосвязанная система, объединяет математические модели устройства управления, систем «БУ – ВП – ЭД – В» и механических взаимосвязей. При этом за основу примем разработанные математические модели (ММ) УВЭМС и программы на их основе [6-8], а также ММ механических взаимодействий [9].

Математические модели непосредственных преобразователей электроэнергии (НПЭ) получим в соответствии с разработанной концепцией [5]. Механизм управления НПЭ представим в виде процесса дискретного управления начальной фазой единственного гармонического колебания, а выходное напряжение каждой фазы $U(\omega_{\text{ВЫХ}}t)$ зададим гармоническим колебанием, фаза которого в определённые моменты времени изменяется дискретно на определённую величину. Эквивалентное количество фаз входного напряжения m, участвующих в формировании каждой фазы выходного напряжения, определяет дискретность изменения фазы $\Delta \phi = 2\pi/m$. Гармоническое колебание представим в следующем виде:

$$\left[h_{pp}^{1}\sin(\omega_{l}t + h_{g}^{2}[t]\varphi_{g})\right] = \left[h_{p1}[t]h_{p2}[t]...h_{pg}[t]...h_{pm}[t]\right] \cdot \begin{bmatrix} \sin(\omega_{BX}t + \varphi_{1}) \\ \sin(\omega_{BX}t + \varphi_{2}) \\ ... \\ \sin(\omega_{BX}t + \varphi_{g}) \\ ... \\ \sin(\omega_{BX}t + \varphi_{m}) \end{bmatrix}$$

$$1)$$

Непосредственное преобразование электрической энергии в n-фазном НПЭ с раздельным управлением зададим системой уравнений:

$$\begin{bmatrix} U_1(\omega_{\text{BbIX}}t) \\ U_2(\omega_{\text{BbIX}}t) \\ \dots \\ U_p(\omega_{\text{BbIX}}t) \\ \dots \\ U_n(\omega_{\text{BbIX}}t) \end{bmatrix} = Um \cdot \begin{bmatrix} h_{11}^1[t] & 0 & \dots & 0 & \dots & 0 \\ 0 & h_{22}^1[t] & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & h_{pp}^1[t] & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \dots & h_{m}^1[t] \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sin(\omega_{\text{BX}}t + h_1^2[t] \cdot \Delta \varphi) \\ \sin(\omega_{\text{BX}}t + h_2^2[t] \cdot \Delta \varphi) \\ \dots & \dots & \dots \\ \sin(\omega_{\text{BX}}t + h_2^2[t] \cdot \Delta \varphi) \end{bmatrix}$$

Возможные варианты НПЭ представим единой структурой, в которой преобразователь числа фаз и модулятор соединены последовательно. Все возможные способы управления НПЭ задаются переключающими функциями:

$$h^{1}[t] = \sum_{i=0}^{l} N_{i} \cdot [1(t_{i}) - 1(t_{i+1})];$$

$$h^{2}[t] = \sum_{i=0}^{l} n_{i} \cdot [1(t_{i}) - 1(t_{i+1})],$$
(3)

где

 $l = 2 \cdot k_f \cdot \pi / \Delta \phi - 1 = k_f \cdot m - 1;$

 $k_f = \omega_{\rm BX}/\omega_{\rm BbIX}$ — коэффициент преобразования частоты;

 N_i — коэффициент, определяемый соотношением амплитуд различных полуволн выходного напряжения;

 n_i — коэффициент, определяющий фазовое положение полуволны входного напряжения в выходном напряжении.

Результаты моделирования НПЭ на базе математической модели (2) — (3) показаны на рисунках 5-7. Для исследуемой системы приняты следующие параметры: число фаз входного напряжения m=6, входная частота f=50 Гц, фазовый угол включения тиристоров $\alpha=0$ эл. град. На рисунках обозначены выходное напряжение XA, выходной ток YA, входное напряжение UA и входной ток IA в фазе A.

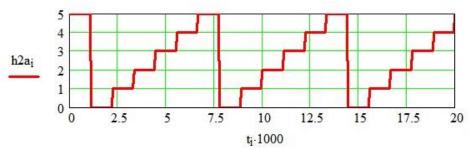


Рисунок 5 – Изменение переключающей функции начальной фазы

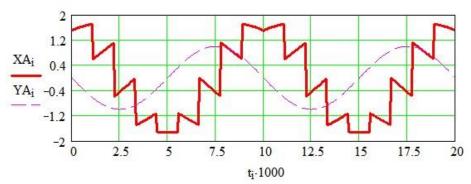


Рисунок 6 – Выходное напряжение и ток НПЭ в фазе А (ток опережает напряжение на 90 эл.град.)

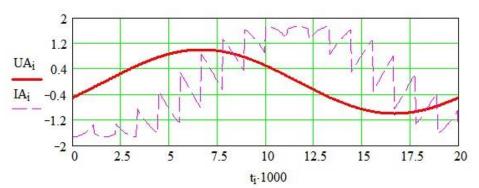


Рисунок 7 – Входное напряжение и ток НПЭ в фазе А (ток отстаёт от напряжения на 90 эл.град.)

Структура механического взаимодействия двух секций показана на рисунке 8 и включает в себя двигатели Д1 и Д2, редукторы P1 и P2 и валы бумагоделательной машины B1 и B2.

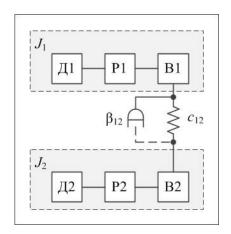


Рисунок 8 – Структура механического взаимодействия двух секций БДМ

Связи между элементами каждой отдельной секции можно считать абсолютно жёсткими, следовательно, все составляющие секции принимаются за единое целое и характеризуются общим моментом инерции J_1 и J_2 . Механическая связь определяется жёсткостью c_{12} и коэффициентом вязкого трения β_{12} . В зависимости от значений этих характеристик связь можно считать жёсткой, упругой либо пластичной (табл. 1) [6].

Таблица 1 – Типы механического взаимодействия между секциями БДМ

Тип связи	Секции БДМ	Тип системы
Жёсткая	Комбинированные пресса;	Одномассовая
	Каландры	
Упругая	Сеткоповоротный вал;	Двухмассовая
	Гауч вал	
Пластичная	Сушильные группы;	Двухмассовая
	Прессовые группы;	
	Накат;	
	Бумагопроводящие валики	

В случае жёсткой связи совокупность двух взаимодействующих секций можно считать одномассовой, рассматривать её как одно целое. В данном случае скорость вращения валов секций будет одинаковой. Математическое моделирование такого типа ВЭМС рассмотрено в [8]. При этом образуемую двумя секциями одномассовую систему можно описать следующим образом:

$$J\frac{d\omega}{dt} = M_1 + M_2 - M_C, \tag{4}$$

где ω – круговая частота.

Две взаимодействующие секции при упругой связи являются двухмассовой системой. Момент упругого взаимодействия определяет механическую взаимосвязь:

$$M_{12} = c_{12}(\varphi_1 - \varphi_2),$$

где ϕ_1 , ϕ_2 — угловые перемещения.

В этом случае математическая модель двухсекционного привода без учёта вязкого трения принимает вид:

$$J_{1} \frac{d\omega_{1}}{dt} = M_{1} - M_{C1} - c_{12}(\varphi_{1} - \varphi_{2});$$

$$J_{2} \frac{d\omega_{2}}{dt} = M_{2} - M_{C2} + c_{12}(\varphi_{1} - \varphi_{2});$$

$$\frac{d\varphi_{1}}{dt} = \omega_{1};$$

$$\frac{d\varphi_{2}}{dt} = \omega_{2}.$$
(5)

Данная модель в матричной форме:

$$\begin{bmatrix} \frac{d\omega_{1}}{dt} \\ \frac{d\omega_{2}}{dt} \\ \frac{d\phi_{1}}{dt} \\ \frac{d\phi_{2}}{dt} \\ \frac{d\phi_{2}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -\frac{c_{12}}{J_{1}} & \frac{c_{12}}{J_{1}} \\ 0 & 0 & \frac{c_{12}}{J_{2}} & -\frac{c_{12}}{J_{2}} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_{1} \\ \omega_{2} \\ \phi_{1} \\ \phi_{2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{1} \\ M_{C1} \\ M_{2} \\ M_{C2} \end{bmatrix}.$$
 (6)

При пластичном взаимодействии секции также образуют двухмассовую систему. Описание механической связи дополним моделью внутреннего вязкого трения:

$$M_{\rm BT} = \beta_{12}(\omega_1 - \omega_2) = \frac{1}{R_{12}}(\omega_1 - \omega_2).$$

Для пластичного взаимодействия математическую модель двухсекционного привода представим так:

$$J_{1} \frac{d\omega_{1}}{dt} = M_{1} - M_{C1} - c_{12}(\varphi_{1} - \varphi_{2}) - \beta_{12}(\omega_{1} - \omega_{2});$$

$$J_{2} \frac{d\omega_{2}}{dt} = M_{2} - M_{C2} + c_{12}(\varphi_{1} - \varphi_{2}) + \beta_{12}(\omega_{1} - \omega_{2})$$

$$\frac{d\varphi_{1}}{dt} = \omega_{1};$$

$$\frac{d\varphi_{2}}{dt} = \omega_{2}.$$

$$(7)$$

В матричной форме модель принимает вид:

$$\begin{bmatrix} \frac{d\omega_{1}}{dt} \\ \frac{d\omega_{2}}{dt} \\ \frac{d\phi_{1}}{dt} \\ \frac{d\phi_{2}}{dt} \\ \frac{d\phi_{2}}{dt} \\ \frac{d}{dt} \\ \frac{d\phi_{2}}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{\beta_{12}}{J_{1}} & \frac{\beta_{12}}{J_{1}} & -\frac{c_{12}}{J_{1}} & \frac{c_{12}}{J_{1}} \\ \frac{\beta_{12}}{J_{2}} & -\frac{\beta_{12}}{J_{2}} & \frac{c_{12}}{J_{2}} & -\frac{c_{12}}{J_{2}} \\ \frac{1}{J_{2}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_{1} \\ \omega_{2} \\ \phi_{1} \\ \phi_{2} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} M_{1} \\ M_{C1} \\ M_{2} \\ M_{C2} \end{bmatrix}. \tag{8}$$

Разработанная методика объединяет последовательность взаимосвязанных процедур анализа и синтеза (анализа привода БДМ как объекта исследования — части системы БДМ; анализа структуры привода БДМ как элемента технологического процесса; анализа структур моделей отдельной секции и единой модели привода БДМ как систем взаимосвязанных элементов; рассмотрения математических моделей и результатов моделирования НПЭ и механических взаимодействий между секциями), основанную на математических моделях (1) — (8). Методика является основой для создания комплекса программ компьютерно-имитационного моделирования УВЭМС, объединяющего множественные исследования и комплексную оценку эффективности системы при различных вариантах нагрузок, алгоритмов и способов управления, типов вентильных преобразователей и электродвигателей [7].

На базе предложенной методики создан интегрированный электромеханический комплекс, позволяющий объединить в единую систему множество курсов направления «Автоматизация и управление» и перейти к использованию данных систем в различных видах научной и учебной деятельности [3].

Совокупность разработанных методики моделирования, математических моделей, программных средств обеспечивает проведение исследований многосвязных многосекционных УВЭМС электропривода в бумажной промышленности как единой электромеханической системы.

Список литературы

- 1. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Концепция построения интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. №5(2). С. 527—530.
- 2. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Программная платформа для построения интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т.11. № 5-2. С. 531-536.
- 3. Прошина Р.Д., Прошина Е.С., Салмов Е.Н. Интегрированный комплекс компьютерно-имитационного моделирования электромеханических систем. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего: периодическое научное издание. Пенза: Изд. Пенз. гос. технол. университета, 2013. —№12(16). С. 95—101.
- 4. Прошин, Д.И. Подготовка высококвалифицированных кадров для предприятий машиностроения по вектору знаний (статья) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. -2011.-T. 13. № 1-3.-C. 727 -731.
- 5. Прошин И. А. Управление в вентильно-электромеханических системах. Кн. 1. Управление непосредственными преобразователями электрической энергии. Пенза: ПТИ, 2002. 333 с.

- 6. Прошин И. А. Управление в вентильно-электромеханических системах. Кн. 2. Математическое моделирование вентильно-электромеханический систем. Пенза: ПТИ, 2003. 306 с.
- 7. Прошин И.А., Бурков В.В., Кутузов Е.А. Усманов В.В. Программное средство "НПЭ АД" для исследования вентильно-электромеханических систем с асинхронным электродвигателем (Пакет расширения к системе Matlab 6.0). Заявка №2004610841. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 4-го июня 2004 года.
- 8. Прошин И.А., Салмов Е.Н. Математическое моделирование электропривода ролико-опор с двигателями постоянного тока. Фундаментальные проблемы технических наук. Сборник статей Международной научно-практической конференции (г. Уфа, 19 февраля 2014 г.). Уфа: Изд. РИЦ БашГУ, 2014. С. 139—142.
- 9. Прошин И.А., Салмов Е.Н. Математическое описание механических связей в многосекционном электроприводе бумагоделательной машины. Модернизация современного общества: проблемы, пути развития и перспективы. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции. Ставрополь: Логос, 2014. С. 74—79.

УДК 504.75.05

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИТЬЯ ПОРОШКОВОЙ СМЕСИ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

- © **К.Р. Таранцева**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
 - © **С.Ю. Каргин,** Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

ECOLOGICAL ASPECTS OF THE POWDER INJECTION MOLDING

© K.R. Tarantseva, Penza State Technological University (Penza, Russia) © S.Y. Kargin, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье рассмотрены неблагоприятные факторы производственной среды в процессе литья под давлением порошковых смесей. Проанализированы пути проникновения токсических веществ в организм человека, виды воздействия на организм и способы защиты от токсического воздействия. Выявлено, что характер заболевания человека от металлической пыли зависит от свойств пылевидных металлов, времени воздействия на организм и концентрации в атмосфере.

Ключевые слова: порошок, смесь, литьё, токсичность, пыль, безопасность

The article describes the unfavorable occupational factors in the process of injection molding powder mixtures. Analyzed the ways of penetration of toxic substances in the human body, effects on the body and methods of protection. Revealed that the character of human disease metal dust depends on the properties of pulverulent metal, exposure time and concentration of the organism in the atmosphere.

Key words: a powder mixture, casting, toxicity, dust, safety **E-mail**: krtar@bk.ru; svyatoslavkargin@gmail.com

Технология литья под давлением порошковых смесей (англ. Powder Injection Molding, PIM) используется для производства металлических (Metal injection molding, MIM) или керамических (Ceramic injection molding, CIM) сложных деталей промышленного или бытового назначения. Область применения данного метода включает в себя: автомобилестроение, машиностроение, военную промышленность, медицину и другие. Промышленное внедрение данной технологии началось

с середины 1980-х годов, а наибольший пик в странах Западной Европы и США наблюдался в конце 1990-х годов. На диаграмме (Рис. 1) показано процентное соотношение применения технологии литья порошковых смесей под давлением в 2010 в различных отраслях экономики в странах Европы [1].

В России данная технология пока не получила широкого распространения. Между тем, внедрение технологии литья под давлением из порошковых смесей неизбежно и является одним из обязательных условий дальнейшего развития машиностроения в России. Поскольку гомогенизированной смеси тонких металлических порошков обладают высокой проникающей способностью и могут легко проникать в дыхательные пути человека, вызывая хронические заболевания дыхательных путей, необходимо проведение исследований по оценке воздействия данного производства на окружающую среду и здоровье человека. Это позволит разработать комплекс мер по предохранению от нежелательного воздействия как во время подготовки порошковых смесей так и работы с ними.



Рисунок 1 – Диаграмма применения PIM-технологии в странах Европы за 2010 год [1]

Основной неблагоприятный фактор производственной среды на всех этапах изготовления порошковых изделий — высокая запыленность воздуха рабочей зоны порошковой пылью и продуктами разложения, образующимися при спекании. При нормальных условиях многие литые и кованые металлы являются абсолютно безвредными и нетоксичными, но в порошковой форме эти же металлы в виде тонкой пыли образуют устойчивые аэрозоли и загрязняют атмосферу[5].

В данной работе проведено сравнение удельных показателей выделения загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны при различных видах обработки материалов. За основу для сравнения были взяты удельные показатели выделения пыли при обработке материалов на станках (табл.1) и удельные показатели выделения вредных веществ в атмосферу от основных видов оборудования производства деталей методом порошковой металлургии (табл.2).

Выявлено, что наибольшее количество пыли выделяется в процессе механической обработки чугуна и цветных металлов на шлифовальном и строгальном станках, в среднем 215 г/ч, а также при выполнении сверлильных операций с текстолитом и карболитом 210 г/ч. При этом наименьшее количество пыли, около 4 г/ч, зафиксировано при сверлении чугуна; 2,4 г/ч – при проведении расточных операций в цветных металлах. Выделение пыли при работе с текстолитом и карболитом достаточно велико, тем не менее минимальное зафиксированное значение около 43 г/ч.

Таблица 1 – Удельные значения выделения пыли при механической об-

работке материалов на станках [4]

padotke matephasion na etaikax [+]					
Тип станка	Удельное выделение пыли, г/ч, при обработке:				
	Чугуна цветных метал		текстолита, карболита		
Токарный	20-40	8-10	-		
Фрезерный	15-25	6-10	50-80		
Сверлильный	3-5	12-16	100-120		
Расточный	6-10	2-2,8	36-50		
Шлифовальный	120-310	120-310	40-80		
Строгальный	до 100	до 100	-		

Удельные выделения вредной пыли в атмосферу от основных видов оборудования производства деталей методом порошковой металлургии представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Удельные выделения вредных веществ в атмосферу от основных видов оборудования производства деталей методом порошковой метал-

лургии [4]

тургии [4]			
Наименование технологиче-	Выделяющиеся вредны	е вещества	
ского процесса, вид оборудо-	Наименование	Единица измере-	Количество
вания		ния	
1. Приготовление шихты			
1.1. Стенд растаривания порошко	OB:		
железа	Ди-железо триоксид	г/кг порошка	0,087
меди	Медь оксид	г/кг порошка	0,077
цинка стеарат	Октадеканоат цинка	г/кг порошка	0,080
1.2. Просеивание на вибросите п	орошков		
железа	Ди-железо триоксид	г/кг порошка	7,00
меди	Медь оксид	г/кг порошка	6,16
1.3. Смеситель	Взвешенные вещества	г/кг порошка	0,18
	Этанол ¹	г/кг порошка	20,0
	Бензин ²	г/кг порошка	15,0
1.4. Стол развески порошков:			
железа	Ди-железо триоксид	г/кг порошка	0,10
меди	Медь оксид	г/кг порошка	0,088
2. Изготовление деталей			
2.1. Пресс механический для при	готовления смесей на осн	нове порошков:	
железа	Ди-железо триоксид	г/кг порошка	0,35
	Октадеканоат цинка	г/кг порошка	0,10
меди	Медь оксид	г/кг порошка	0,31
	Октадеканоат цинка	г/кг порошка	0,10
2.2. Печь конвейерная	Углерод оксид	г/нм ³ эндогаза	0,10
2.3. Машина очистная вибрацион	ная для деталей:		
на основе железа	Ди-железо триоксид	г/кг порошка	1,50
на основе меди	Медь оксид	г/кг порошка	1,32
2.4. Установка ультразвуковой	Тетрахлорэтилен	г/час	24,0
очистки			
3. Гидрофобизация		,	
3.1. Установка вакуумная	Этанол	г/кг порошка	0,55
3.2. Шкаф сушильный	Этанол	г/кг порошка	0,65
Примечание:			

Примечание:

- 1. При смачивании порошка спиртом.
- 2. При смачивании порошка бензином.

Путём математического подсчёта в среднем в атмосферу от основных видов оборудования производства деталей методом порошковой металлур-

гии из одного килограмма исходного порошка выбрасывается от 30 до 50 грамм токсического аэрозоля [4]. Поскольку рассматриваемые виды пыли относятся к первому классу опасности, и предельное содержание в рабочей зоне не должно превышать от 0,02 до 2 мг/м³, необходимо удаление токсической пыли из рабочей зоны, для того чтобы избежать пагубного воздействия на организм человека.

Проникновение в организм металлической пыли может произойти при вдыхании, заглатывании, через поврежденную кожу. Ингаляционный путь наиболее опасен. Поведение пыли в организме зависит от ее дисперсности. Частицы крупнее 10-12 мкм осаждаются в полости носа. Частицы менее 5 мкм осаждаются в бронхах, и часть проникает во внутренние органы. Отравление, как результат токсичного действия может быть местным, общим, острым или хроническим. Во всех случаях возникают нарушения здоровья, поражения и болезни различной тяжести, сопровождающиеся характерными симптомами. При длительной работе в условиях повышенной запыленности чаще развиваются острые респираторные заболевания, бронх иты, а также пневмокониозы. Под влиянием аэрозолей металлов, обладающих выраженным токсическим эффектом (свинца, ртути, марганца), повышается число специфических заболеваний и хронических отравлений [4]. Так, алюминиевая пудра (пыль) раздражает слизистые оболочки. На слизистой носа могут быть изъязвления, а на месте внедрения пылинок органические воспалительные уплотнения. От действия пылинок возможны специфические поражения кожи: воспаление; опухоль; появление узелков, гнойничков, чешуек и т.д. Попадание алюминиевых частиц в глаза может привести к очаговым омертвениям, изменению пигментации роговицы, изменению капсулы хрусталика, помутнению стекловидного тела. ПДК пыли алюминия в воздухе рабочей зоны составляет 2 мг/м. Кроме того, алюминиевая пудра в смеси с воздухом взрывоопасна. Нижний предел взрываемости (при крупности пылинок до 0.15 мкм) 40-50 г/м.

Необходимо учитывать и действие ядов в сочетании с такими факторами, как температура и влажность. Например, чем выше температура в производственном помещении, тем сильнее действие ядовитых веществ. Это обусловлено, с одной стороны, увеличением их летучести, с другой расширением сосудов, усилением кровообращения в организме и лёгкостью проникновения яда через влажную кожу. Опасность отравлений часто увеличивается при повышении влажности воздуха и запыленности помещения.

Решением проблемы является переход к герметизированным непрерывным технологическим процессам литья под давлением порошковых смесей с дистанционным управлением и контролем. Значительную роль играет автоматизация производства, позволяющая сократить до минимума число рабочих на производстве и время пребывания их у технологического оборудования.

Люди, работающие на данном производстве, зная физические и химические свойства ядов, а, также учитывая возможные пути их поступления в организм, могут обезопасить себя от их вредного влияния путем строгого соблюдения требований гигиены, применения средств индивидуальной защиты и т. д.

Список литературы

- 1. Sandvik Osprey. An Introduction to Metal Injection Moulding (MIM) and Ceramic Injection Molding // PIM International. 2010. Vol.4. No.4. P. 68-70.
- 2. Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. М.: ГОСНИТИ, 2003. 488 с.
- 3. Джордж Де-Гроат. Производство изделий из металлического порошка / пер. с англ. А.А. Жукова. М.: Машгиз, 1960. 200 с.
- 4. Удельные показатели образования вредных веществ, выделяющихся в атмосферу от основных видов технологического оборудования для предприятий радиоэлектронного комплекса/ Расчетная инструкция (методика). СПб.: 3HAKЪ, 2006. 115 с.
- 5. Гиршов В.Л., Котов С.А., Цеменко В.Н. Современные технологии в порошковой металлургии. — СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2010. — 386 с.

УДК 681.5

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА РОЛИКО-ОПОР

- © **И.А. Прошин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Е.Н. Салмов**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © Д.А. Кузнецов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

MATHEMATICAL MODELING OF ELECTRIC DRIVE SYSTEM OF ROLL SUPPORTS

- © I.A. Proshin, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © E.N. Salmov, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © D.A. Kuznetsov, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Рассматривается моделирование электропривода ролико-опор, как совокупности двух взаимосвязанных вентильно-электромеханических систем, объединённых механической связью жёсткого типа. Один привод управляется по скорости, а второй — по моменту в функции текущего момента первого двигателя. Предложенный подход позволяет выполнять комплексные исследования многосвязных многосекционных электроприводов.

Ключевые слова: Математическое моделирование, вентильно-электромеханическая система, ролико-опоры, исследования.

We consider the modeling of roll supports electric drive, as a combination of two interconnected gate-electromechanical systems with hard type of mechanical connection. One drive is controlled by speed setpoint while second one is controlled by torque setpoint with torque actual value of first drive as a feedback. The offered approach allows performing of complex researches of multilinked multiple section electric drives.

Key words: Mathematical modeling, gate-electromechanical system, roll-supports, research. **E-mail**: proshin.Ivan@inbox.ru

Необходимость сварки обечаек большого диаметра возникает при изготовлении цилиндрических аппаратов большой длины и диаметра, применяемых в химическом машиностроении, энергетике, космической технике. Для перемещения и вращения обечаек при выполнении сварки используются перемещающиеся ролико-опоры. При этом управляемым источником механического дви-

жения является совокупность двух взаимосвязанных вентильноэлектромеханических систем (ВЭМС) [1-6], работающих на единую нагрузку.
Следовательно, механическая связь между приводами является жёсткой [4], соответственно невозможно использование двух замкнутых по скорости независимых электроприводов. Очевидна необходимость управления одним из приводов по скорости, а другим — по моменту [1], с использованием значения текущего момента управляемого по скорости двигателя в качестве задающего воздействия для второго двигателя. На рисунке 1 показана структура электропривода
ролико-опор на базе двигателей постоянного тока с раздельным управлением по
цепи якоря. Двигатели управляются силовыми преобразователями СП1 и СП2.

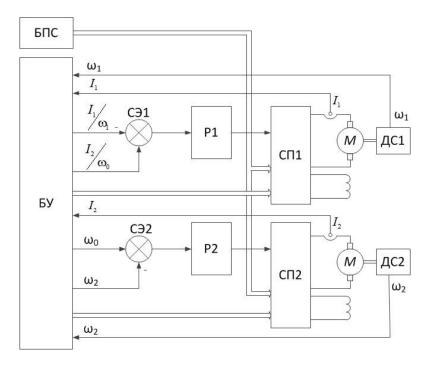


Рисунок 1 – Структура электропривода ролико-опор

Предложенная система содержит два контура управления, обеспечивает управление распределением моментов на валах двигателей в функции технологического параметра и бездрейфовое управление движением обечаек. Питание к приводам поступает с силового блока питания БПС. Первый привод управляется регулятором Р1 по току, являющемуся функцией тока второго привода. Второй привод управляется регулятором Р2 с поддержанием заданного скоростного режима ролико-опор. Все режимы управления реализуются в блоке управления БУ. При этом для первого и второго приводов используются датчики тока, датчики скорости ДС1 и ДС2, сравнивающие элементы СЭ1 и СЭ2.

Для двухдвигательной системы математическое описание включает уравнение движения:

$$J\frac{d\omega}{dt} = M_1 + M_2 - M_c; \tag{1}$$

Выражения для ЭДС в цепи якоря:

$$\Phi_1 = f(i_{R1}); \quad \Phi_2 = f(i_{R2});$$
 (2)

$$c_1 = k_1 \Phi_1; \quad c_2 = k_2 \Phi_2;$$
 (3)

$$E_{\rm s1} = c_1 \omega; \quad E_{\rm s2} = c_2 \omega;$$
 (4)

Уравнения для цепей возбуждения и якоря двигателей:

$$U_{\rm B1} = R_{\rm B1} i_{\rm B1} + L_{\rm B1} \frac{di_{\rm B1}}{dt}; \quad U_{\rm B2} = R_{\rm B2} i_{\rm B2} + L_{\rm B2} \frac{di_{\rm B2}}{dt}; \tag{5}$$

$$U_{_{91}} = R_{_{91}}i_{_{91}} + L_{_{91}}\frac{di_{_{91}}}{dt} + E_{_{91}};$$

$$U_{_{92}} = R_{_{92}}i_{_{92}} + L_{_{92}}\frac{di_{_{92}}}{dt} + E_{_{92}};$$
(6)

$$M_1 = c_1 i_{s1}; \quad M_2 = c_2 i_{s2};$$
 (7)

$$T_{g1} = \frac{L_{g1}}{R_{g1}}; \quad T_{g2} = \frac{L_{g2}}{R_{g2}}.$$
 (8)

Выражения для момента:
$$M_{1} = c_{1}i_{s_{1}}; \quad M_{2} = c_{2}i_{s_{2}};$$
(7)
$$T_{s_{1}} = \frac{L_{s_{1}}}{R_{s_{1}}}; \quad T_{s_{2}} = \frac{L_{s_{2}}}{R_{s_{2}}}.$$
(8)
$$\frac{di_{s_{1}}}{dt} = -\frac{1}{T_{s_{1}}}i_{s_{1}} - \frac{c_{1}}{T_{s_{1}}R_{s_{1}}}\omega + \frac{1}{T_{s_{1}}R_{s_{1}}}U_{s_{1}};$$
(9)
$$\frac{di_{s_{2}}}{dt} = -\frac{1}{T_{s_{2}}}i_{s_{2}} - \frac{c_{2}}{T_{s_{2}}R_{s_{2}}}\omega + \frac{1}{T_{s_{2}}R_{s_{2}}}U_{s_{2}};$$
(10)
$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{c_{1}i_{s_{1}}}{J} + \frac{c_{2}i_{s_{2}}}{J} - \frac{M_{c}}{J};$$
(11)

$$\frac{di_{_{92}}}{dt} = -\frac{1}{T_{_{92}}}i_{_{92}} - \frac{c_{_2}}{T_{_{92}}R_{_{92}}}\omega + \frac{1}{T_{_{92}}R_{_{92}}}U_{_{92}};$$
(10)

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{c_1 i_{\text{sl}}}{I} + \frac{c_2 i_{\text{s2}}}{I} - \frac{M_c}{I}; \tag{11}$$

Математическая модель системы двух электроприводов, работающих на один вал, задаётся в нормальной форме Коши выражениями (9) - (11) и в матричной форме выражением (12):

$$\begin{bmatrix}
\frac{di_{s_1}}{dt} \\
\frac{di_{s_2}}{dt} \\
\frac{d\omega}{dt}
\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}
-\frac{1}{T_{s_1}} & 0 & -\frac{c_1}{T_{s_1}R_{s_1}} \\
0 & -\frac{1}{T_{s_2}} & -\frac{c_2}{T_{s_2}R_{s_2}} \\
\frac{c_1}{J} & \frac{c_2}{J} & 0
\end{bmatrix} \begin{bmatrix}
i_{s_1} \\
i_{s_2} \\
\omega
\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}
\frac{1}{T_{s_1}R_{s_1}} & 0 & 0 \\
0 & \frac{1}{T_{s_2}R_{s_2}} & 0 \\
0 & 0 & -\frac{1}{J}
\end{bmatrix} \begin{bmatrix}
U_{s_1} \\
U_{s_2} \\
M_c
\end{bmatrix}$$
(12)

Структурная схема математической модели двухдвигательной системы с жёсткой механической связью показана на рисунке 2.

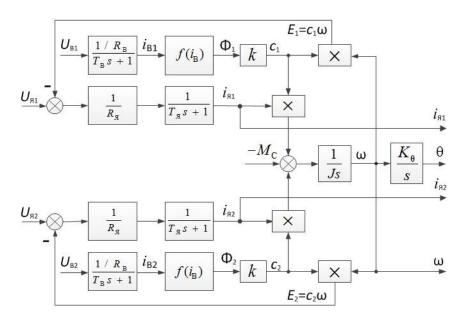


Рисунок 2 – Структура математической модели электропривода ролико-опор

На рисунке 3 показаны переходные характеристики системы по скорости и току якоря двух двигателей. Анализ характеристик показал, что значения токов якорных цепей двигателей, имеющих различные сопротивления обмоток якоря ($R_{\rm s1}$ = 2,2 Ом, $R_{\rm s2}$ = 1,77 Ом) не совпадают. Изменение напряжения якоря одного из двигателей может быть использовано для компенсации различий в характеристиках. Для реализации компенсаторов необходимо использование обратной связи по току и скорости.

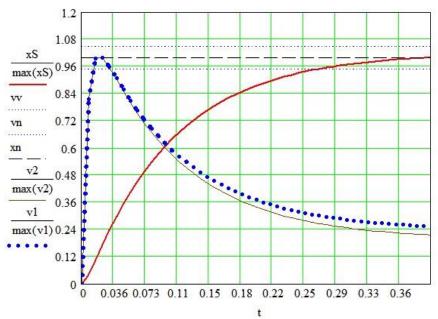


Рисунок 3 – Переходная характеристика системы без обратной связи по току, напряжению и скорости

На рисунке 4 представлена структурная схема математической модели двухдвигательной системы, в которой первый двигатель управляется по току в зависимости от тока якоря второго двигателя, а второй двигатель обеспечивает заданный технологический режим, используя обратную связь по скорости. В структуре обозначены: ε_{i1} , ε_{i2} — ошибки по току первого и второго двигателей, ε_{ω} — ошибка по скорости, V_{ω} — задание по току второго двигателя, ВП1 и ВП2 — вентильные преобразователи первого и второго двигателя, ω_3 — заданная скорость.

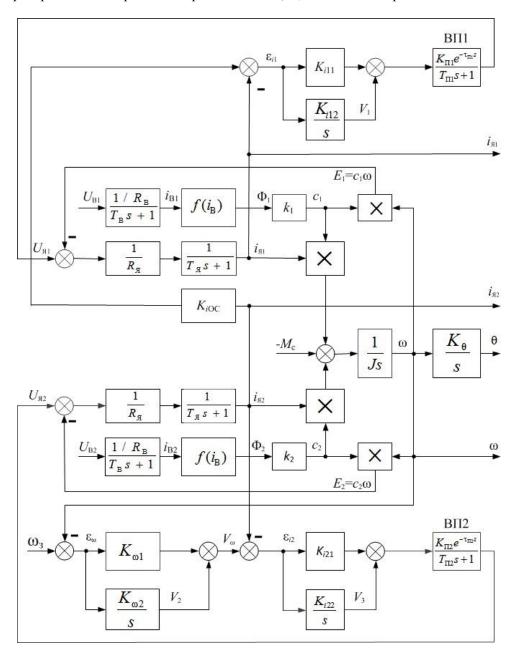


Рисунок 4 — Структура математической модели электропривода ролико-опор с обратной связью по скорости и току

Математическое описание системы с такой структурой включает уравнения (1) - (8), а также:

$$\varepsilon_{i1} = K_{iOC}i_{g_2} - i_{g_1}; \tag{13}$$

$$\varepsilon_{i2} = V_2 + K_{\omega l} \varepsilon_{\omega} - i_{g_2}; \tag{14}$$

$$\boldsymbol{\varepsilon}_{\omega} = \boldsymbol{\omega}_{3} - \boldsymbol{\omega}; \tag{15}$$

$$\frac{dV_1}{dt} = K_{i12} \varepsilon_{i1}; \tag{16}$$

$$\frac{dV_2}{dt} = K_{\omega 2} \varepsilon_{\omega}; \tag{17}$$

$$\frac{dV_3}{dt} = K_{i22} \varepsilon_{i2}; \tag{18}$$

$$\frac{dU_{\text{fl}}}{dt} = \frac{K_{\text{fl}}}{T_{\text{fl}}} \left(V_{1} + K_{i11} \varepsilon_{i1} \right) - \frac{1}{T_{\text{fl}}} U_{\text{fl}}; \tag{19}$$

$$\frac{dU_{_{\rm S2}}}{dt} = \frac{K_{_{\rm II2}}}{T_{_{\rm II2}}} (V_{_3} + K_{_{i21}} \varepsilon_{_{i2}}) - \frac{1}{T_{_{\rm II2}}} U_{_{\rm S2}}; \tag{20}$$

Математическая модель системы в матричной форме задаётся выражениями 21-26:

$$\overline{V}^{(1)} = A \cdot \overline{V} + B \cdot \overline{Y};$$

$$\overline{V}^{(1)} = \begin{bmatrix}
\frac{di_{S1}}{dt} \\
\frac{di_{S2}}{dt} \\
\frac{dW}{dt} \\
\frac{dU_{S1}}{dt} \\
\frac{dV_{S2}}{dt} \\
\frac{dV_{1}}{dt} \\
\frac{dV_{2}}{dt} \\
\frac{dV_{3}}{dt}
\end{bmatrix};$$

$$(21)$$

$$K_{\rm BII1} = \frac{K_{\rm II1}}{T_{\rm III}} \cdot K_{i11};$$
 (23)

$$K_{\text{BII2}} = \frac{K_{\text{II2}}}{T_{\text{II2}}} \cdot K_{i21};$$
 (24)

(25)

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_{\text{R1}}} & 0 & -\frac{c_1}{T_{\text{R1}}R_{\text{R1}}} & \frac{1}{T_{\text{R1}}R_{\text{R1}}} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{T_{\text{R2}}} & -\frac{c_2}{T_{\text{R2}}R_{\text{R2}}} & 0 & \frac{1}{T_{\text{R2}}R_{\text{R2}}} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{c_1}{J} & \frac{c_2}{J} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -K_{\text{BII}} & K_{\text{BII}}K_{i\text{OC}} & 0 & -\frac{1}{T_{\text{II}}} & 0 & \frac{K_{\text{III}}}{T_{\text{II}}} & 0 & 0 \\ 0 & -K_{\text{BI2}} & K_{\text{BII2}}K_{\text{ol}} & 0 & -\frac{1}{T_{\text{II2}}} & 0 & K_{\text{BII2}} & \frac{K_{\text{II2}}}{T_{\text{II2}}} \\ -K_{i12} & K_{i12}K_{i\text{OC}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -K_{\text{o2}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -K_{i22} & -K_{i22}K_{\text{ol}} & 0 & 0 & 0 & K_{i22} & 0 \end{bmatrix};$$

$$\overline{V} = \begin{bmatrix} i_{\text{R1}} \\ i_{\text{R2}} \\ \omega \\ U_{\text{R1}} \\ U_{\text{R2}} \\ V_{1} \\ V_{2} \\ V_{3} \end{bmatrix}; \qquad B = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{J} \\ 0 & 0 \\ K_{\text{BII}2} K_{\omega 1} & 0 \\ 0 & 0 \\ K_{\omega 2} & 0 \\ K_{i22} K_{\omega 1} & 0 \end{bmatrix}; \tag{26}$$

$$\overline{Y} = \begin{bmatrix} \omega_{3} \\ M_{C} \end{bmatrix};$$

На рисунке 5 представлены переходные характеристики системы по скорости и току якоря двух двигателей. Управление током первого двигателя осуществлялось в функции тока якоря второго двигателя. В данном случае значения токов якорных цепей двигателей, имеющих различные сопротивления обмоток якоря ($R_{\rm s1}$ = 2,2 Ом, $R_{\rm s2}$ = 1,77 Ом) совпадают. Различия характеристик электромеханических преобразователей компенсированы наличием обратной связи по току и скорости.

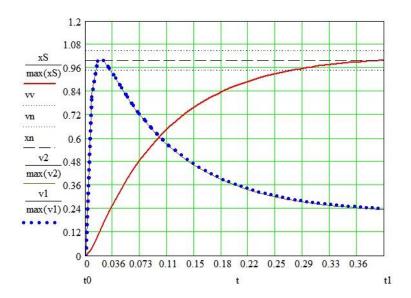


Рисунок 5 – Переходная характеристика системы с обратной связью по току, напряжению и скорости

Выполненное исследование показывает эффективность применения подчинённого управления моментом первого двигателя в функции текущего момента второго двигателя в системе двух двигателей ролико-опор с жёстким типом механического взаимодействия. Полученные математические модели составляют основу для имитационного моделирования многосвязных многосекционных электроприводов.

Список литературы

- 1. Прошин И. А. Управление в вентильно-электромеханических системах. Кн. 1. Управление непосредственными преобразователями электрической энергии. Пенза: ПТИ, 2002. 333 с.
- 2. Прошин И. А. Управление в вентильно-электромеханических системах. Кн. 2. Математическое моделирование вентильно-электромеханический систем. Пенза: ПТИ, 2003. 306 с.
- 3. Прошин И.А., Салмов Е.Н. Математическое моделирование электропривода ролико-опор с двигателями постоянного тока. Фундаментальные проблемы технических наук. Сборник статей Международной научно-практической конференции (г. Уфа, 19 февраля 2014 г.). Уфа: Изд. РИЦ БашГУ, 2014 С. 139–142.
- 4. Прошин И.А., Салмов Е.Н. Математическое описание механических связей в многосекционном электроприводе бумагоделательной машины. Модернизация современного общества: проблемы, пути развития и перспективы. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции. Ставрополь: Логос, 2014—С. 74—79.
- 5. Прошин И. А, Прошин А. И., Мещеряков А. С. Математическая модель асинхронного двигателя с непосредственным преобразователем энергии в цепях статора // Наука производству, 1998, N_2 4. С. 13-15.
- 6. Прошин И.А. Теоретические основы моделирования управляемых вентиль-

- но-электромеханических систем с непосредственными преобразователями электрической энергии // Информационные технологии в проектировании и производстве, 2000, N 4. 65-70.
- 7. Прошин И. А., Прошин А. И., Обухов В. А., Мещеряков А. С. Математическая модель валогенераторной установки // Наука производству, 1998, № 12. С. 56-58.
- 8. Прошин, И.А., Сапунов Е.А. Моделирование привода динамического стенда авиационного тренажера // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т.13 №1(2). С. 337-340.

УДК 621.35;504

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ШЕСТИВАЛЕНТНОГО ХРОМА МОДИФИЦИРОВАННЫМ ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИОННЫМ МЕТОДОМ

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

© **А.А. Сергунов,** ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт им. М.В.Проценко» (г. Заречный, Пензенская область, Россия)

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF SEWAGE TREATMENT FROM HEXAVALENT CHROMIUM BY USING ELECTROPLATING MODIFIED COAGULATION METHOD

© K.R. Tarantseva, Penza State Technological University (Penza, Russia) © A.A. Sergunov, FGUP FNPC «PO «START name M.V. Procenko» (Zarechny, Penza region, Russia)

Рассмотрен усовершенствованный гальванокоагуляционный метод очистки сточных вод гальванического производства от шестивалентного хрома с концентрацией более 500 мг/л. Ключевые слова: шестивалентный хром, сточные воды, гальванокоагуляция.

An advanced electro coagulation method of wastewater from electroplating hexavalent chromium with a concentration more than $500~mg\/\ l$ was considered.

Key words: hexavalent chromium, waste water, galvanokoagulyatsiya.

Одним из известных методов очистки сточных вод от соединений шестивалентного хрома является гальванокоагуляционный метод. Данный метод основан на использовании эффекта гальванического элемента железо-кокс (железная стружка, железные опилки) или железо-медь, помещённого в очищаемый раствор. За счёт разности электрохимических потенциалов железо является анодом и переходит в раствор без наложения тока от внешнего источника, а кокс или медь в гальванопаре являются катодом.

Данный метод совмещает одновременно восстановление шестивалентного хрома до трехвалентного и одновременное извлечение соединений трехвалентного хрома ввиде нерастворимого осадка. Однако существенные ограничения накладываются тем, что невозможно извлекать соединения шестивалентного хрома из сточных вод с концентрацией хрома (VI) более 200 мг/л [1].

Одним из возможных вариантов очистки хромсодержащих сточных вод с концентрацией шестивалентного хрома более 200 мг/л является использование активированного железа, на поверхности которого имеется множество гальванопар,

образованных железом и металлом, имеющим более положительный стандартный потенциал (например — медь), вместо смеси железо - кокс, а также дозированное введение раствора серной кислоты в объем гальванокоагулятора.

Целью данной исследовательской работы является исследование влияния различных активаторов на стальную стружку и исследование технологических режимов очистки на степень извлечения соединений хрома с концентрацией выше 500 мг/л из раствора.

Для исследования был взят исходный хромсодержащий раствор с содержанием хромового ангидрида 200 мг/л, 500 мг/л, 1000 мг/л и 1500 мг/л, содержащий стехиометрическое количество серной кислоты, согласно уравнению 2. Раствор выдерживали в контакте с обезжиренной стальной стружкой (смесь Ст 20, Ст 25, Ст 30), активированной по 4 вариантам:

- раствором серной кислоты.
- стальная стружка смешанная с медной стружкой 4:1, активированные раствором серной кислоты.
 - раствором сульфата меди (II).
 - раствором хлорида олова (II).

Эксперимент проводился с аэрацией. Содержание хрома (VI) определялось объемным методом.

Восстановителями шестивалентного хрома в очищаемых растворах могут являться:

1) Выделяющийся атомарный водород на поверхности стальной стружки:

$$2CrO_3 + 6H^0 + 3H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + 6H_2O$$
 (1)

2) Металлическое железо в кислой среде, при наличии избытка кислоты:

$$2CrO_3 + 2Fe + 6H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + Fe_2(SO_4)_3 + 12H_2O$$
 (2)

3) Металлическое железо в среде с рН близкой к нейтральной:

$$CrO_3 + Fe + 3H_2O \rightarrow Cr(OH)_3 \downarrow + Fe(OH)_3 \downarrow$$
 (3)

Из раствора с концентрацией 200 мг/л хрома (рис. 1) при экспозиции 240 минут удается практически полностью восстановить Cr (VI) (вариант 3, 4) до трехвалентного состояния.

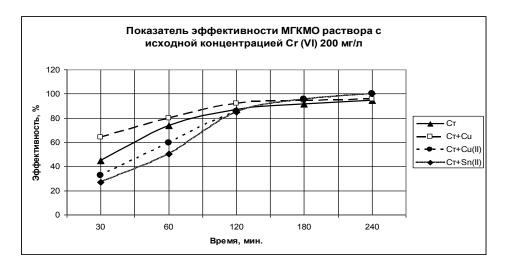


Рисунок 1 — Эффективность очистки раствора с исходной концентрацией 200 мг/л Cr (VI)

В отсутствии в растворе соединений хрома Cr(VI) на поверхности железной стружки протекает реакция:

$$4Fe + H2O + 2O2 \rightarrow 4Fe(OH)2$$
 (4)

Соединения Fe (III) гидролизованы в большей степени, чем соединения Fe (II). Аэрация позволяет эффективно переводить соединения Fe (III) в соединения Fe (III). При этом протекает реакция:

$$4Fe(OH)_2 + 2H_2O + O_2 \rightarrow 4Fe(OH)_3 \downarrow \tag{5}$$

Образующийся гидроксид железа Fe (III) эффективно соосаждается с соединениями трехвалентного хрома. В конце эксперимента (экспозиция 240 мин.) аналитическими методами в растворе не удалось обнаружить растворимые соединения трехвалентного хрома. Неполное восстановление шестивалентного хрома по варианту 1 и 2, очевидно связано с быстрым расходованием введенной серной кислоты по реакции (1). В конце эксперимента (экспозиция 240 мин.) по варианту 1 и 2 в растворе аналитическими методами удалось зафиксировать наличие шестивалентного хрома.

В экспериментах с растворами, содержащими 500 мг/л хрома (рис.2) удалось эффективно восстанавливать шестивалентный хром лишь по 3 и 4 вариантам, т.е. стружкой активированной солями меди и олова, причем образующиеся соединения Cr(III) эффективно соосаждались с гидроксидом железа (III).

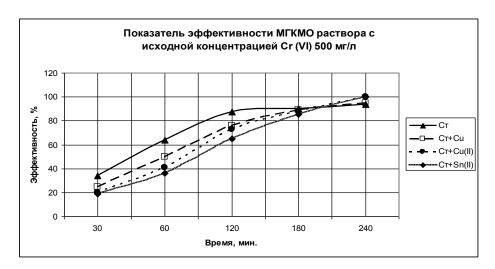


Рисунок 2 — Эффективность очистки раствора с исходной концентрацией 500 мг/л Cr (VI)

Из раствора с концентрацией 1000 мг хрома и стехиометрическом количестве серной кислоты при экспозиции 240 минут удается практически полностью восстановить Cr (VI) (вариант 3, 4) до трехвалентного состояния. Однако в растворе (все 4 варианта) остаются соединения трехвалентного хрома. В конце эксперимента (экспозиция 240 минут) аналитическими методами в вариантах 3 и 4 не удалось в растворе обнаружить соединения хрома (III). На рисунке 3 приведена эффективность очистки раствора с исходной концентрацией хрома (VI) с концентрацией 1000 мг/л (все 4 варианта).

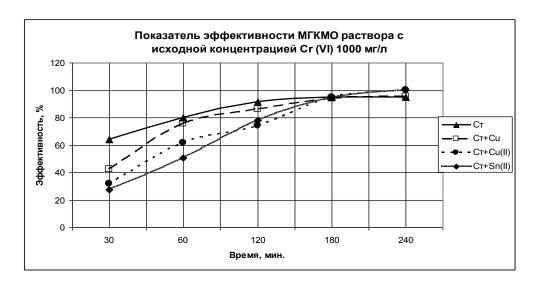


Рисунок 3 — Эффективность очистки раствора с исходной концентрацией $1000 \ \mathrm{mr/n} \ \mathrm{Cr} \ (\mathrm{VI})$

На рисунке 4 приведены результаты эффективности очистки раствора от соединений хрома (VI) с исходной концентрацией хрома в растворе 1500 мг/л. Вариант 3 и 4 позволяет эффективно восстановить шестивалентный хром до трехвалентных соединений. Однако в конце эксперимента (экспозиция 240 минут) аналитическими методами в растворе удалось обнаружить растворимые соединения трехвалентного хрома, а в вариантах 1 и 2 и соединения шестивалентного хрома. Очевидно, это связано с тем, что с увеличением концентрации хрома в растворе снижается степень гидролиза и как следствие отсутствует процесс соосаждения соединений хрома (III) и железа (III).

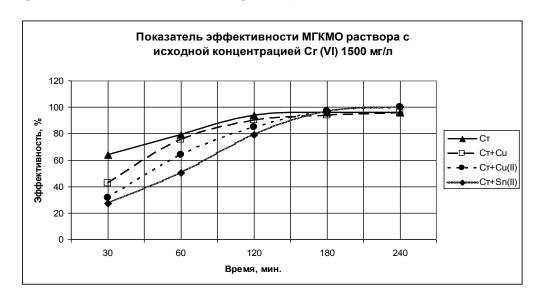


Рисунок 4 — Эффективность очистки раствора с исходной концентрацией $1500 \ \mathrm{Mr/n} \ \mathrm{Cr} \ (\mathrm{VI})$

Следовательно, модифицированным гальванокоагуляционным методом не удается эффективно удалять соединения хрома с концентрацией 1500 мг/л и выше.

Таким образом, использование гальванокоагуляционного метода очистки с дозированным добавлением серной кислоты с использованием стальной стружки, активированной сульфатом меди II, с применением аэрации, позволяет эффективно очищать гальванические стоки от соединений трехвалентного и шестивалентного хрома при концентрации хрома в растворе не выше 1000 мг/л, при этом:

- 1) не происходит дополнительной минерализации очищаемых стоков (в отличие от реагентного способа).
- 2) образующиеся коллоидные частицы на своей поверхности дополнительно адсорбируют посторонние ионы и органические вещества.
- 3) образующийся железо-хромсодержащий шлам является малотоксичным, что упрощает его утилизацию.
- 4) щелочного агента на доочистку (в случае необходимости) затрачивается значительно меньше.

Список литературы

- 1. Виноградов С.С., Виноградов С.Н. Водное хозяйство гальванического производства: Учебное пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 1998. 144 с.
- 2. Таранцева К.Р., Фирсова Н.В. Влияние продуктов коррозии на токсичность промышленных стоков // Физикохимия поверхности и защита металлов. 2006. Т.42. №2. С. 204-209.
- 3. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды: Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004.
- 4. Таранцева К.Р., Красная Е.Г., Коростелева А.В., Лебедев Е.Л. Анализ техно-генного воздействия промышленных предприятий г. Пензы на гидросферу // Экология и промышленность России. 2010. № 12. С. 40-45.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего *плюс*

Периодическое научное издание Серия: Экология

Выпуск 05(27)/2015



Научный редактор С.Н. Волков Компьютерная верстка Н. Хлопцевой

Статьи публикуются в авторской редакции.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии «КОПИ-РИЗО»
Пенза, ул. Московская, 74, к. 211. Тел. 56-25-09. e-mail: tipograf_popovamg@inbox.ru

Сдано в производство 15.06.2015. Формат 70X108 1/16 Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman. Усл. печ. л. 15,0. Уч. изд. л. 16,2. Заказ № 897. Тираж 60 экз.

Пензенский государственный технологический университет. 440605, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.