
МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ПЕНЗЕНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»



ISSN 2221-951X

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**XXI век: итоги прошлого
и проблемы настоящего *плюс***

Периодическое научное издание

Серия: экология

02(06)/2012

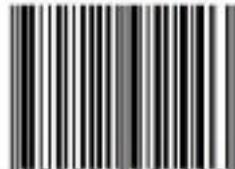
**Пенза
ПГТА
2012**

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

«XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего _{плюс}» :
Периодическое научное издание. – Пенза : Изд-во Пенз. гос.
технол. акад., 2012. – 297 с.

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

ISSN 2221-951X



9 772221 951003

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

ISSN 2221-951X

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL JOURNAL

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

Scientific Periodical

Series: Ecology

02(06)/2012

Penza
PSTA
2012

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL JOURNAL

Series: Engineering Sciences

«XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus». Scientific periodical. – Penza: PSTA Publishing House, 2012. – 297 c.

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

ISSN 2221-951X



9 772221951003

Содержание

Структура и функционирование экосистем в естественных и антропогенных условиях	14	
ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ПОЧВАХ ПЛАВСКОГО РАДИОАКТИВНОГО ПЯТНА ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ		14
<i>Н.А. Романцова, ФГБУ “Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН” (г. Москва, Россия)</i>		
МИКРОФЛОРА ТЕХНОГЕННОЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ		21
<i>С.Ю. Ефремова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>		
<i>Л.В. Мосина, Московский аграрный университет им. К.В. Тимирязева (г. Москва, Россия)</i>		
<i>Е.А. Полянкова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>		
<i>Е.А. Парфенова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>		
ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В АХУНСКОМ ДЕНДРОПАРКЕ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ		27
<i>Н.И. Остробородова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>		
<i>О.И. Уланова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>		
ТЕХНОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА АТМОСФЕРУ И ГИДРОСФЕРУ В ПРОИЗВОДСТВЕ 7-АЦК		30
<i>К.Р. Таранцева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>		
<i>М.И. Яхкинд, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>		
ВЛИЯНИЕ ГЕОПАТОГЕННЫХ ЗОН НА УРОВЕНЬ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НАСЕЛЕНИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ		34
<i>О.Е. Зотова, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета (г. Апатиты, Россия)</i>		
СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ В ЗАБОЛОЧЕННОМ ЛЕСУ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ		39
<i>А.С. Трулова, Пензенский государственный педагогический университет им. В.Г. Белинского (г. Пенза, Россия)</i>		
<i>О.А. Митяева, Международный независимый эколого-политологический университет (г. Пенза, Россия)</i>		
<i>Ю.А. Мазей, Пензенский государственный педагогический университет им. В.Г. Белинского (г. Пенза, Россия)</i>		

Содержание

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ	45
<i>A.X. Шеуджен, ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный аграрный университет” (г. Краснодар, Россия)</i>	
<i>Л.М. Онищенко, ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный аграрный университет” (г. Краснодар, Россия)</i>	
<i>Ю.А. Исупова, ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный аграрный университет” (г. Краснодар, Россия)</i>	
АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ КАК ИСТОЧНИК ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ	51
<i>B.A. Казаков, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>O.C. Виноградов, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>H.A. Виноградова, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>B.L. Таранцева, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)</i>	
ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА	56
<i>B.I. Костюк, Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского НЦ РАН (г. Апатиты, Россия)</i>	
<i>E.E. Кислых, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета (г. Апатиты, Россия)</i>	
МИГРАЦИЯ КАДМИЯ, КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ ИЗ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	65
<i>H.A. Комарова, Владимирский государственный университет (г. Владимир, Россия)</i>	
ПРОБЛЕМА ТЕРМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	73
<i>O.A. Логвина, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>N.Y. Бубнова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>A.A. Горячева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	

Содержание

*Ю.О. Логвин, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

*А.О. Мызников, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

**ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕРЫХ
ЛЕСНЫХ ПОЧВ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ИХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ 79**

*Е.А. Парфенова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

*С.Ю. Ефремова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

**НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В РАСТИТЕЛЬНОСТИ
ПРИРОДНЫХ И АГРОГЕННЫХ ТРАВЯНИСТЫХ
ЭКОСИСТЕМ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННОЙ
ТЕРРИТОРИИ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ 82**

*Н.А. Романцова, ФГБУ “Институт глобального климата
и экологии Росгидромета и РАН” (г. Москва, Россия)*

*Т.А. Парамонова, Факультет почвоведения МГУ
им. М.В. Ломоносова (г. Москва, Россия)*

**Информационные системы и модели
в научных исследованиях, экологии,
промышленности и медицине 90**

**ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД
ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА 90**

*К.Р. Таранцева, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

*О.В. Фирсова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

**КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ
СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ 95**

*О.А. Логвина, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВОДЫ
В ТЕМНЫХ НЕФТЕПРОДУКТАХ 103**

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

*А.В. Коростелева, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

**МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ 108**

*Т.В. Истомина, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

Содержание

<i>O.A. Мещеряков, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ОТ ГРУППЫ ИСТОЧНИКОВ	114
<i>B.A. Казаков, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>O.C. Виноградов, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>H.A. Виноградова, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>G.P. Погодин, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>B.L. Таранцева, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТЕРИЛИЗАЦИОННЫХ ОТДЕЛЕНИЙ	119
<i>A.A. Матюнин, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>T.B. Истомина, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И РИСКОВ НА ГАЗОПРОВОДАХ	125
<i>Ю.О. Логвин, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>K.P. Таранцева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>O.A. Логвина, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>B.V. Коновалов, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕМОСТАЗА	132
<i>M.A. Сидорова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>H.A. Сержантова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	

Содержание

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА КАПЕЛЬ ВОДЫ НА КРИТИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НАЧАЛА ИХ РАЗРУШЕНИЯ В ЭМУЛЬСИЯХ	138
<i>К.В. Таранцев, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>А.В. Коростелева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
РОЛЬ ИММУНО-БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ С КАРДИОПАТОЛОГИЕЙ	142
<i>Н.Ю. Келина, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>В.В. Пикулин, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>Т.Ю. Мамелина, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>О.А. Куликова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>С.Н. Петроченко, ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)</i>	
<i>В.С. Морозова, ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)</i>	
<i>М.А. Мягкова, ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)</i>	
СПОСОБЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ	146
<i>К.В. Таранцев, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>Е.Г. Красная, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
НАНОСИСТЕМЫ ДЛЯ БУККАЛЬНОЙ И СУБЛИНГВАЛЬНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ	152
<i>М.И. Яхкинд, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>К.Р. Таранцева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	159
<i>В.В. Коновалов, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>О.А. Логвина, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ	162
<i>К.В. Таранцев, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>И.А. Прошин, Пензенская государственная технологическая академия, (г. Пенза, Россия)</i>	

Содержание

СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ	166
<i>И.А. Прошин, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>П.В. Сюлин, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>К.В. Таранцев, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)</i>	
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	170
<i>A.В. Васильков, ОАО “Научно-производственное предприятие “Рубин” (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>И.А. Прошин, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>П.В. Сюлин, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
Научные подходы и технологии к решению экологических проблем	175
К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	175
<i>Е.Л. Лебедев, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>Т.А. Шарков, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>Б.Л. Таранцева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ХИМИИ, НЕФТЕХИМИИ И ТРАНСПОРТА – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ЭКОСИСТЕМ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ	182
<i>Н.И. Николайкин, Московский государственный технический университет гражданской авиации (г. Москва, Россия)</i>	
<i>Ю.Г. Худяков, Московский государственный технический университет гражданской авиации (г. Москва, Россия)</i>	
<i>В.П. Макаров, Московский государственный технический университет гражданской авиации (г. Москва, Россия)</i>	
АНАЛИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВ β-ЛАКТАМОВ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ	187
<i>K.Р. Таранцева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>М.А. Марынова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>М.И. Яхкинд, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	

Содержание

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	193
<i>Т.А. Шарков, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>С.Ю. Ефремова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>О.Г. Курочкина, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>Е.Л. Лебедев, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОКОВ ОТ СОЕДИНЕНИЙ ШЕСТИВАЛЕНТНОГО ХРОМА	196
<i>К.Р. Таранцева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>А.Д. Николотов, ФГУП ФНПЦ "ПО "Старт им. М.В. ПРОЦЕНКО"</i>	
<i>(г. Заречный, Пензенской области, Россия)</i>	
<i>А.А. Сергунов, ФГУП ФНПЦ "ПО "Старт им. М.В. ПРОЦЕНКО"</i>	
<i>(г. Заречный, Пензенской области, Россия)</i>	
УТИЛИЗАЦИЯ СЕРЫ КАК ОТХОДА ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	200
<i>А.Н. Бормотов, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>Е.А. Колобова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
СНИЖЕНИЕ НЕФТИЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ ПОЛОСЫ ОТВОДА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	206
<i>И.Ю. Крошечкина, Московский государственный университет путей сообщения (г. Москва, Россия)</i>	
<i>Н.И. Зубрев, Московский государственный университет путей сообщения (г. Москва, Россия)</i>	
<i>Э.В. Чеботарева, Московский государственный университет путей сообщения (г. Москва, Россия)</i>	
КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	215
<i>А.Б. Терентьев, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>А.А. Баклин, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>В.М. Голощапов, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>К.Ю. Мокроусова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	

Содержание

<i>С.В. Чекайкин, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (г. Пенза, Россия)</i>	
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В КАРТОФЕЛЕВОДСТВЕ	221
<i>A.В. Кравченко, ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (Московская обл., Люберецкий район, п. Красково, Россия)</i>	
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИЗУЧЕНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ	226
<i>Н.И. Остробородова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ И ЭНЗИМАТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ 7-АЦК	231
<i>K.Р. Таранцева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
<i>M.И. Яхкинд, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)</i>	
РЕГУЛИРОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В АДАПТИВНО-БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ	238
<i>L.С. Федотова, ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Московская обл., Люберецкий район, п. Красково, Россия)</i>	
<i>A.В. Кравченко, ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Московская обл., Люберецкий район, п. Красково, Россия)</i>	
ВЛИЯНИЕ СИДЕРАТОВ СОВМЕСТНО С МИНЕРАЛЬНЫМИ И БАКТЕРИАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ И ПЛОДОРОДИЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА	242
<i>L.С. Федотова, ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Московская обл., Люберецкий район, п. Красково, Россия)</i>	
<i>A.В. Подборонов, ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Московская обл., Люберецкий район, п. Красково, Россия)</i>	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РИСА	246
<i>C.В. Кизинек, ФГУП РПЗ “Красноармейский” им. А.И. Майстренко Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)</i>	
<i>A.Н. Бурунов, ВНИИА РАСХН, генеральный директор ООО “Стимул” (г. Н. Новгород, Россия)</i>	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛЬЦИЙ-СОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА ОПОДЗОЛЕННЫХ И ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ	251
<i>I.А. Шильников, ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)</i>	

Содержание

- Н.И. Аканова, ВНИИ агрохимии
им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)*
*С.В. Кизинёк, ВНИИ агрохимии
им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)*
*Г.Е. Гришин, ФГБОУ ВПО “Пензенская государственная
сельскохозяйственная академия” (г. Пенза, Россия)*
*Н.Ф. Лунина, ФГБОУ ВПО “Санкт-Петербургский государственный
аграрный университет” (г. Санкт-Петербург, Россия)*
*М.Ю. Локтионов, ОАО “Минерально-химическая компания
“ЕвроХим” (г. Москва, Россия)*

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ
РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ И СРОКОВ ВНЕСЕНИЯ
ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ 262**

- Н.А. Зеленов, ВНИИ агрохимии
им. Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЕМОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ 268**

- Е.А. Полянская, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*
*С.Ю. Ефремова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА
КАК КОМПЛЕКСНОГО МИНЕРАЛЬНОГО
УДОБРЕНИЯ В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ
НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ 272**

- С.В. Кизинек, ФГУП РПЗ “Красноармейский” им. А.И. Майстренко
Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)*
*А.Х. Шеуджесен, ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный
аграрный университет” (г. Краснодар, Россия)*
*М.Ю. Локтионов, ОАО “Минерально-химическая компания
“ЕвроХим” (г. Москва, Россия)*

**О ПРОБЛЕМАХ ФОРМИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ
СТРАТЕГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ 278**

- Е.Л. Лебедев, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*
*Т.А. Шарков, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*
*Б.Л. Таранцева, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*
*О.В. Фирсова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

Структура и функционирование экосистем в естественных и антропогенных условиях

УДК 57.045:57.042

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ПОЧВАХ ПЛАВСКОГО РАДИОАКТИВНОГО ПЯТНА ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

© *H.A. Романцова, ФГБУ “Институт глобального климата и экологии
Росгидромета и РАН” (г. Москва, Россия)*

NATURAL AND TECHNOGENIC RADIONUCLIDES IN SOIL PLAVSK RADIOACTIVE SPOT OF TULA REGION

© *N.A. Romantsova, FGBU “Institute of Global Climate and Ecology
by Hydrometeorology and RAN” (Moscow, Russia)*

Современный радиационный фон Плавского радиоактивного пятна Тульской области формируется за счет естественных (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) и техногенных радионуклидов (^{137}Cs). При этом доля ^{137}Cs от общих запасов радионуклидов в почвах составляет 48-67 %, а в составе растительной продукции – только 5-14 %, что выявляет незначительные параметры перехода элемента из почв в растения.

Ключевые слова: радиационный фон, радионуклиды, радиоактивное загрязнение почв, миграция в системе “почва – растение”.

The modern radiating background of the Plavsky radioactive spot of Tula region is formed at the expense of natural (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) and technogenic radionuclides (^{137}Cs). Thus the share ^{137}Cs from the general stocks of radionuclides in soils makes 48-67 %, and as a part of vegetative production – only 5-14 % that reveals insignificant parameters of transition of an element from soils in plants.

Key words: background radiation, radionuclide, radioactive contamination of soil, migration in “soil-plant” system.

E-mail: nata.romantsova@gmail.com

Природный радиационный фон является необходимым условием существования биосфера, которая возникла и развивалась в условиях наличия естественных радионуклидов в составе литосферы, гидросферы и атмосферы. Большой вклад в естественную радиоактивность Земли вносят радионуклиды, входящие в ряды распада урана (например, ^{226}Ra) и тория (^{232}Th), а также природный радиоизотоп ^{40}K .

В настоящее время, помимо естественных радионуклидов, в окружающей природной среде находится большое количество искусственных (антропогенных) радионуклидов, и геохимическое и экологическое значение этой группы радионуклидов сопоставимо со значением природных радионуклидов. Так, например, ^{137}Cs является одним из важнейших техногенных радионуклидов, поступившим в биосферу в результате испытания ядерного

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ПОЧВАХ...

оружия в атмосфере в 60-х годах XX века, а также техногенных катастроф на предприятиях ядерно-топливного цикла, наиболее существенной из которых стала авария на Чернобыльской АЭС, произошедшая в 1986 году [1]. В связи с длительным периодом полураспада радионуклида (\approx 30 лет) и его прочной фиксацией в поверхностном слое почв в районах массовых атмосферных выпадений ^{137}Cs в наземные экосистемы он до сих пор во многом определяет общую радиационную обстановку.

Основной ореол загрязнения наземных экосистем Тульской области радиоцезием получил название “Плавского радиоактивного пятна”. В настоящее время в этом районе сохраняется напряженная радиоэкологическая обстановка. Согласно данным Государственного экологического надзора, значения мощности экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения в контрольной точке г. Плавск составляют \sim 0,3 мкЗв/час (при норме \sim 0,1 мкЗв/час) и мало изменяются от года к году [2, 3]. При этом плодородные почвы Тульской области интенсивно использовались и продолжают использоваться в сельском хозяйстве.

Помимо увеличения внешних дозовых нагрузок на человека, обострение экологической ситуации может быть связано с внутренним облучением при передаче радиоцезия по трофическим цепям, прежде всего в системе “почва – растение” тех фитоценозов, продукция которых используется непосредственно в пищевых целях или идет на корм крупному рогатому скоту. Это определяет актуальность прикладных аспектов изучения поведения техногенных радионуклидов в системе “почва – растение”.

Для выяснения сравнительной экологической значимости современных уровней аккумуляции естественных (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) и антропогенных (^{137}Cs) радионуклидов в почве и компонентах растительного покрова Плавского радиоактивного пятна проводили определение их содержания в агрофитоценозах основных культур полевого севооборота (яровая пшеница сорта Мис, яровой ячмень сорта Нур, картофель Журавлинка) и в природных луговых фитоценозах злаково-разнотравного суходольного луга (используемого как пастбище) и влажного разнотравно-злакового пойменного луга р. Локна (травостой которого может подвергаться сенокошению).

Агрофитоценозы пропашных и зерновых культур располагались на возвышенной и относительно выпуклой части водораздельной поверхности, что определяет их принадлежность к элювиальному ландшафту. Фитоценоз суходольного луга располагался в нижней прислоновой части водораздела и приурочен к транзитно-аккумулятивному ландшафту. Влажный луг находился в пойме р. Локна и приурочен к аккумулятивному ландшафту.

Объектом изучения явилась почва и продуктивная часть растений, используемая в пищу (зерно пшеницы и ячменя, клубни картофеля). В природных фитоценозах исследовалась надземная часть фитомассы, которая используется (или может использоваться) на корм крупному рогатому скоту.

Надземную часть фитомассы определяли методом сплошных укосов с площадок 50x50 см, клубни картофеля отмывали из монолитов почв 25x25 см и глубиной 30 см (основной корнеобитаемый слой). Одновременно на каж-

дой площадке отбирались образцы почв с глубины 0-30 см. Все исследования проводились в 4-кратной повторности. Определение содержания ^{137}Cs , ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra в почвах и растительности проводилось на сцинтилляционном гамма-спектрометре с обработкой амплитудного спектра импульсов с помощью программы ПРОГРЕСС. Относительная погрешность определения удельной активности радионуклидов составляла 10-45 %.

Современные уровни удельной активности различных радионуклидов (^{137}Cs , ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) в почвах исследуемой части Плавского радиоактивного пятна существенно отличаются (табл. 1). Наибольшие величины удельной активности в почвах всех исследуемых фитоценозов отмечены для ^{137}Cs и ^{40}K . При этом естественные радионуклиды, за исключением ^{226}Ra , относительно равномерно распределены по всей исследуемой территории. Последний, как правило, не образует собственные минералы, а присутствует в них в рассеянной форме [6].

Таблица 1 – Величины удельной активности природных радионуклидов в почвах Плавского радиоактивного пятна

Удельная активность, Бк/кг	Агрофитоценозы			Фитоценозы	
	пшеница	ячмень	картофель	суходольный луг	влажный луг
^{40}K	473,43	553,89	512,5	465,13	527,44
^{232}Th	32,14	40,86	52,40	43,64	49,07
^{226}Ra	39,65	12,15	25,6	44,1	4,14
$A_{\text{эфф}}$	124,0	115,1	139,8	142,7	115,4
Почва	Черноземы выщелоченные			Аллювиальная пустая карбонатная	

Допустимое значение эффективной удельной активности ($A_{\text{эфф}}$), обусловленной суммарным воздействием на население природных источников излучения, для почв не устанавливается. Подобный норматив разработан лишь для щебня, а также песчаных и глинистых грунтов, которые могут быть использованы в качестве строительных материалов [5]. Однако если произвести расчет условной величины $A_{\text{эфф}}$ для почв Плавского радиоактивного пятна, то обнаруживается полное соответствие характеристик содержания основных естественных радионуклидов нормам радиационной безопасности и отсутствие на изучаемой территории каких-либо ограничений в отношении природного гамма-фона.

Иная картина наблюдается в отношении присутствия в наземных экосистемах Плавского радиоактивного пятна техногенного ^{137}Cs . Уровни удельной активности ^{137}Cs в почвах исследованной части Плавского радиоактивного пятна составляют ~500-1100 Бк/кг, что соответствует плотности поверхности радиоактивного загрязнения ~200-430 Бк/м² (или 5-12 Ки/км²) и относит ландшафт к зоне проживания с правом на отселение, в которой производство растениеводческой продукции разрешено, но рекомендуется контроль содержания в ней радионуклидов [8].

При этом если содержание естественных радионуклидов в почвах территории изменяется в относительно узких пределах (коэффициент вариации 7-20 %), то уровни аккумуляции в почвах чернобыльского ^{137}Cs распределены в пространстве достаточно контрастно (коэффициент вариации

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ПОЧВАХ...

40 %). Так, величины удельной активности и запасов ^{137}Cs в 30-см слое расположенного в подножье склона целинного чернозема суходольного луга и в аллювиальной почве влажно-лугового фитоценоза в 1,5-2 раза больше, чем в пахотных черноземах водораздельного пространства (табл. 2). Рассматриваемые почвы служат в наземных экосистемах конечным звеном миграции веществ, поступающих в составе латерального твердого стока из элювиальных ландшафтов [9, 12]. Таким образом, почвы геохимически подчиненных позиций рельефа на территориях, пострадавших вследствие чернобыльской аварии, аккумулируют существенно большее количество радиоцезия, и плотность их радиоактивного загрязнения в настоящее время существенно выше, чем у почв водоразделов.

Таблица 2 – Величины удельной активности техногенного ^{137}Cs в почвах Плавского радиоактивного пятна

Показатель	Агрофитоценозы			Фитоценозы	
	пшеница	ячмень	картофель	суходольный луг	влажный луг
Удельная активность, Бк/кг	494,5	623,8	537,1	1121,2	1038,8
Плотность загрязнения, кБк/м ²	197,5	271,9	177,2	426,1	388,8
Почва	Черноземы выщелоченные			Аллювиальная пустая карбонатная	

В этих условиях все исследуемые потребляемые части фитомассы культурных растений (зерно пшеницы, ячменя, клубни картофеля) и травостой луговых растительных сообществ характеризуются относительно высокими величинами удельной активности ^{40}K , которые во много раз превышают уровни концентрации других радионуклидов природного и техногенного происхождения – ^{137}Cs , ^{232}Th , ^{226}Ra (табл. 3). При этом следует отметить, что значения содержания радиоизотопа калия в продуктивной части всех исследуемых фитоценозов находятся в одном диапазоне величин и составляют ~ 228-286 Бк/кг. Это подтверждает, что ^{40}K , как и его стабильные изотопы, является неотъемлемой частью растений и необходим для их нормального развития [6].

Таблица 3 – Распределение величин удельной активности естественных и техногенных радионуклидов в продуктивной части растений на территории Плавского радиоактивного пятна

Удельная активность, Бк/кг	Агрофитоценозы			Фитоценозы	
	пшеница (зерно)	ячмень (зерно)	картофель (клубни)	суходольный луг	влажный луг
^{137}Cs	14,1	16,7	39,3	52,9	20,0
^{40}K	228,2	286,1	254,2	276,5	249,0
^{232}Th	30,2	27,6	22,6	51,0	8,4
^{226}Ra	21,5	19,9	21,9	8,6	10,6

Абсолютные величины удельной активности остальных исследуемых радионуклидов меньше, чем у ^{40}K , так как известно, что ^{232}Th , ^{226}Ra , в отличие от радиоизотопов калия, не являются жизненно необходимыми элементами для растений [12].

Наименьший показатель величины удельной активности обнаруживается для ^{137}Cs , который, подобно ^{232}Th , ^{226}Ra , не является биогенным элементом и даже выступает в роли токсиканта. Величины удельной активности ^{137}Cs в продуктивной части растительности исследованных фитоценозов в целом близки или ниже, чем у естественных радионуклидов тория и радия, и ранжируются по убыванию следующим образом: суходольный луг (злаково-разнотравный) > картофель > влажный луг (разнотравно-злаковый) > ячмень, пшеница. Это во многом определяется составом растительных сообществ и биологическими особенностями его доминантных видов, поскольку известно, что злаки накапливают в своей надземной части наименьшее количество радиоактивного ^{137}Cs [4, 6]. Кроме того, известно, что листья и стебли накапливают больше радионуклидов, чем генеративные органы [9].

Потребление радионуклидов из почвы растениями зависит от многих факторов: физико-химических свойств радионуклида, почвенных свойств и режимов, биологических особенностей растений, агротехники возделывания культур, условий текущего вегетационного периода.

Коэффициенты биологического накопления (отношение величин удельной активности радионуклидов в сухой массе продуктивной части растений и в почве) природного ^{40}K в исследуемых фитоценозах составляют около 0,5-0,6, для ^{232}Th и ^{226}Ra варьируют в более широких пределах 0,2-2,6 (табл. 4).

Таблица 4 – Коэффициенты биологического накопления естественных и техногенных радионуклидов в растительной продукции

Удельная активность, Бк/кг	Агрофитоценозы			Фитоценозы	
	пшеница	ячмень	картофель	суходольный луг	влажный луг
Техногенные радионуклиды					
^{137}Cs	0,03	0,03	0,07	0,05	0,02
Естественные радионуклиды					
^{40}K	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
^{232}Th	0,9	0,7	0,2	1,2	0,2
^{226}Ra	0,5	1,6	0,9	0,2	2,6

Относительно невысокие значения коэффициентов накопления ^{40}K в зерне пшеницы, ячменя и травостое природных лугов могут определяться оттоком ионов калия из зрелых и полуутвердших к концу вегетационного сезона листьев и генеративных органов, что характерно для временной динамики содержания элемента в растениях [13]. ^{232}Th может легко извлекаться из минеральной фракции почв благодаря корневым выделениям растений [12], однако для элемента существует корневой биологический барьер [6, 12], поэтому коэффициент его биологического накопления обычно ниже единицы. Наибольшие отдельные значения коэффициента биологического накопления были обнаружены для ^{226}Ra в агрофитоценозе ячменя и разнотравно-злаковом влажном луге, хотя в других растительных сообществах отмечалось слабое накопление радионуклида в продукции. Известно, что в черноземах лесостепных районов радий прочно фиксирован в слаборастворимых гуматах и сульфатах Са и Ва [12], однако в ряде случаев радий в природных условиях имеет высокую миграционную подвижность, поэтому для него характерны коэффициенты биологического накопления > 1 [12].

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ПОЧВАХ...

Наименьший коэффициент накопления в растениях во всех исследованных фитоценозах (< 0,1) обнаруживался для ^{137}Cs , что говорит о его низком биологическом потреблении и отсутствии избирательного поглощения элемента из почвы.

Балансовые оценки долевого участия исследуемых радионуклидов в формировании общего дозового эффекта в растительной продукции (культурных злаках, картофеле и поедаемой части луговых трав) показали, что основная часть гамма-излучения приходится на долю естественного радионуклида ^{40}K , которая составляет ~71-87 %. Доли остальных радионуклидов в общем балансе их содержания в растительной продукции сравнительно близки и варьируют в зависимости от биологических особенностей сельскохозяйственной культуры или вида дикорастущих трав: ^{137}Cs – 5-14 %, ^{232}Th – 3-13 %, ^{226}Ra – 2-7 %.

Несмотря на то что радиоцезий не вносит решающий вклад в общий баланс содержания радионуклидов в биомассе растительной продукции, из всех исследуемых радионуклидов гигиенические требования безопасности пищевых продуктов предъявляются только к нему [7]. Проведенные исследования показали, что современное радиоэкологическое качество продукции растениеводства (культурных злаков, картофеля и поедаемой части луговых трав) на территории Плавского радиоактивного пятна в отношении уровней накопления ^{137}Cs соответствует нормам допустимости накопления (табл. 5).

Таблица 5 – Оценка экологического качества растительности в отношении уровня накопления ^{137}Cs на территории Плавского радиоактивного пятна

Растительная продукция	Накопление ^{137}Cs , Бк/кг	Нормативные уровни, Бк/кг
Пшеница и ячмень	14-17	70
Картофель	39	600
Луговые травы	20-54	370

Таким образом, хотя в настоящее время в Тульской области сохраняется напряженная радиологическая обстановка, связанная с повышенными уровнями аккумуляции ^{137}Cs в почвах, переход радионуклида из почв в потребляемую часть растительной продукции имеет относительно незначительные параметры, при которых вклад ^{137}Cs в формирование общей дозы гамма-излучения не превышает 5-14 %. Это согласуется с оценками специалистов, проведенными на основе анализа обширной базы данных проекта МАГАТЭ “Environmental Modelling for Radiation Safety”, в которых определяется экологическая безопасность получения урожая растениеводческой продукции зерновых и многолетних трав на радиоактивно загрязненных землях суглинистого состава при плотности поверхностного загрязнения почв 1000-2000 кБк/м² и 3000-900 кБк/м², соответственно [10, 11]. В этой связи правильный подбор культур сельскохозяйственного севооборота, агротехнических и агрохимических мероприятий, а также контроль содержания ^{137}Cs в почвах и растениях способны обеспечить приемлемое в радиоэкологическом отношении качество растениеводческой продукции.

Благодарности. Полевые работы проводились на средства гранта РФФИ № 10-05-00976 в составе комплексной экспедиции Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, сотрудникам которого д.г.н. В.Н. Голосову, к.г.н. Н.Н. Ивановой, к.г.н. В.Р. Беляеву и к.г.н. М.В. Маркелову автор приносит искреннюю благодарность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии / Науч. рук. Ю.А. Израэль. – Люксембург, 1998. – 71 с.
2. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 г. – М., 2010. – 452 с.
3. Государственный доклад о санитарно-эпидемиологической обстановке в Тульской области в 2009 году. – Тула, 2010. – 171 с.
4. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларусь (АСПА Россия – Беларусь). – Москва – Минск, 2009. – 135 с.
5. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – М., 2009.
6. Сельскохозяйственная радиоэкология / Ред. Р.М. Алексахин, Н.А. Корнеев. – М., 1992. – 400 с.
7. СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.
8. Закон № 1244-1 от 15 мая 1991 г. О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации, вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС.
9. Кузнецов В.К., Санжарова Н.И. Горизонтальная миграция искусственных радионуклидов при различной степени задерновости поверхности почв // Экология. – 1997. – № 2. – С. 150 – 152.
10. Санжарова Н.И. Пересмотр параметров миграции радионуклидов в агроэкосистемах / Санжарова Н.И., Фесенко С.В., Шубина О.А. [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2009. – Т. 49, № 3. – С. 268 – 276.
11. Спиридовон С.И. Оценка степени загрязнения почв ^{137}Cs , допускающей получение нормативно чистой сельскохозяйственной продукции, на основе математических моделей перехода радионуклида в растения / С.И. Спиридовон, О.В. Мошаров, В.М. Соломатин [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2008. – № 5. – С. 53 – 57.
12. Титаева Н.А. Ядерная геохимия : Учебник. – М. : МГУ, 2000. – 336 с.
13. Salt C.A., Kay J.W., Jarvis K.E. The influence of season and leaf age on concentrations of radiocaesium (^{137}Cs), stable caesium (^{133}Cs) and potassium in *Agrostis capillaris* // Environ Pollut. 2004. Vol. 130(3), p.359-369.

МИКРОФЛОРА ТЕХНОГЕННОЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

© С.Ю. Ефремова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© Л.В. Мосина, Московский аграрный университет
им. К.В. Тимирязева (г. Москва, Россия)

© Е.А. Полянскова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© Е.А. Парфенова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

MICROFLORA OF TECHNOGENICALLY POLLUTED SOIL

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

© L.V. Mosina, Moscow Agrarian University after K.V. Timiryazev
(Moscow, Russia)

© E.A. Polyanskova, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© E.A. Parfenova, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

Изучено влияние различных видов загрязнения на численность основных групп микроорганизмов и качественный состав почвенной микрофлоры. Показано, что численность микроорганизмов исследованных групп отражает степень воздействия разных видов и уровней загрязнения.

Ключевые слова: микрофлора, почва, загрязнение, тяжелые металлы, нефтепродукты.

The influence of various pollution types on the number of basic microorganisms groups and qualitative composition of soil microflora has been studied. It has been proved that the number of microorganisms groups under study reflects the influence extent of various types and pollution levels.

Key words: soil, oil pollution, microbial complex, nitrogen regime.

E-mail: s_sharkova@mail.ru

Микрофлора почвы характеризуется большим разнообразием микроорганизмов: бактерии, актиномицеты, грибы, спирохеты, простейшие, синезеленые водоросли, вирусы, принимает участие во всех звеньях кругооборота веществ, начиная от фиксации CO₂ и связывания молекулярного азота и заканчивая полной минерализацией любых природных органических соединений и преобразованием разнообразных минеральных веществ [10].

Их роль в биогеоценозе обусловлена повсеместным распространением, высокой биохимической активностью, широкой экологической приспособляемостью [2, 13].

Микробное сообщество представляет единый организм, способный не только чутко реагировать на изменения окружающей среды, но и противостоять внешним воздействиям [13]. Общие закономерности изменений биологических свойств почвы, по мере возрастания в ней содержания заг-

рязняющих веществ, сформулированы на основе экспериментальных материалов [1, 15, 16].

Наибольшее число микроорганизмов содержится в верхнем слое почвы толщиной до 15 см. Показатели общей численности основных групп микроорганизмов характеризует потенциальный запас микроорганизмов. Групповой состав микроорганизмов, связанных с циклом азота, считают наиболее показательным для оценки почвенного плодородия [3, 10, 14].

Анализ физиологических групп дает возможность составить представление о соотношении микроорганизмов, осуществляющих различные биохимические процессы, и до некоторой степени судить о господствующих направлениях в этих процессах.

В зависимости от типа и состояния почвы, состава растительности, температуры, влажности и в процессе самоочищения почвы состав микрофлоры почвы меняется [2]. Под влиянием веществ антропогенного загрязнения может происходить изменение структуры и активности микрофлоры. Обладая значительной буферностью, почва до определенного предела загрязнения сохраняет свои биохимические свойства (зона гомеостаза), хотя изменения в структуре комплекса почвенных микроорганизмов уже можно обнаружить (зона стресса). При значительном уровне загрязнения (зона ингибирования) необратимо меняется комплекс почвенных микроорганизмов. Изменение структурной организации комплекса почвенных микроорганизмов вызывает нарушение их функционирования [1, 11].

Проведенные нами исследования территориальных зон по изучению влияния загрязнения тяжелыми металлами (ТМ) на микробное сообщество почвы показали, что численность основных их групп (аммонификаторов, иммобилизаторов азота, олигонитрофилов, целлюлозоразрушающих, актиномицетов) была меньше, чем на контроле. Численность грибов значительно варьировала на контроле и в опытных образцах с объектов, но тенденции к их снижению также просматривались (рис. 1). Контролем служили не вовлеченные в сельскохозяйственное использование почвы (вне влияния автотранспорта) с загородных территорий.

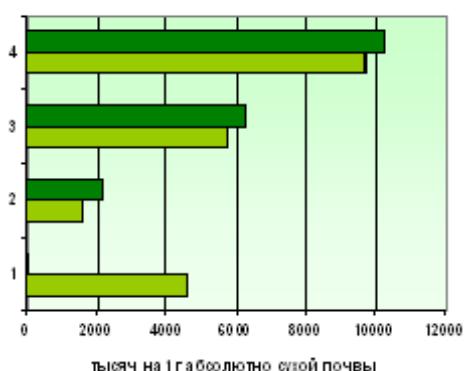
Чувствительность к воздействию ТМ разных групп микроорганизмов различается, бактерии и актиномицеты оказались наиболее чувствительными, микроскопические грибы менее.

По степени толерантности основные группы микроорганизмов располагаются в следующем порядке: микроскопические грибы, актиномицеты, бактерии.

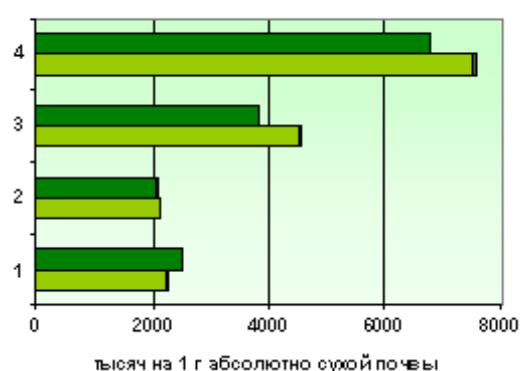
Корреляционный анализ данных численности микроорганизмов и показателя суммарного загрязнения почвы представлен в таблице 1, полученные коэффициенты подтверждают достоверность полученных результатов исследования.

МИКРОФЛОРА ТЕХНОГЕННОЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

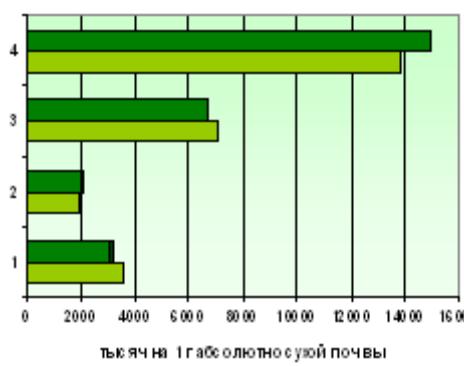
Иммобилизаторы азота



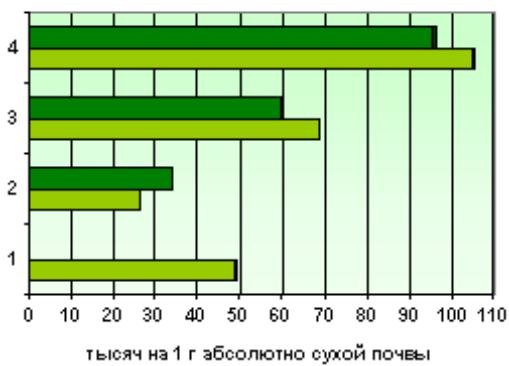
аммонификаторы



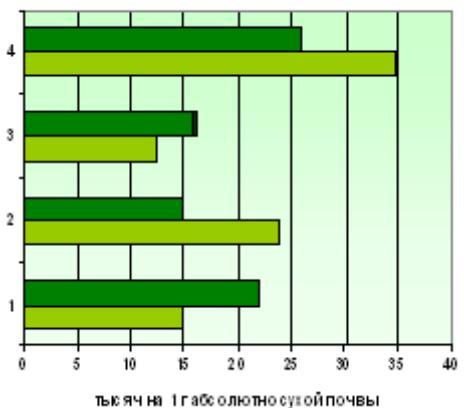
олиготрофы



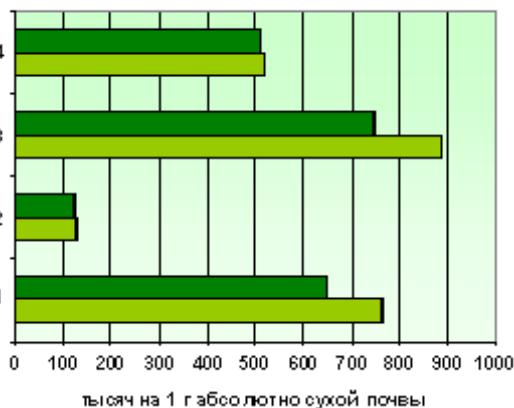
целлюлозоразрушающие аэробы



грибы



актиномицеты



1 – Автомагистраль
2 – Промзона «Пензмаш»
3 – Промзона «ГЭЦ-1»
4 – Контроль Ахунский лес

- Глубина 10-20 см
- Глубина 0-10 см

Рисунок 1 – Численность экологотрофических групп микроорганизмов в почвенных образцах при загрязнении тяжелыми металлами

Таблица 1 – Коэффициенты зависимости численности микроорганизмов и показателя суммарного загрязнения почвы

Общая численность	$y = -713,01x^2 + 16205x - 82589$	$R = 0,64$
Бактериальные формы	$y = -815,52x^2 + 18660x - 97696$	$R = 0,65$
Мицелиальные формы	$y = 102,51x^2 - 2454,6x + 15107$	$R = 0,92$

Таким образом, развитие всех эколого-трофических групп почвенных микроорганизмов было угнетено. Наиболее чувствительна бактериальная микрофлора, мицелиальные формы почвенных микроорганизмов (грибы, актиномицеты) оказались более устойчивыми к воздействию ТМ на почву, ингибирование их развития наблюдали на прилегающей территории промышленного предприятия, автомобильной магистрали, где бактериальные формы снижали свою численность уже на порядок. Установлен новый факт достоверности снижения численности микроорганизмов по мере возрастания степени загрязнения почвы.

По отношению к нефтяным углеводородам также многие физиологические группы почвенных микроорганизмов проявляют чувствительность [8 – 10].

Для микрофлоры почвы нефть выступает, с одной стороны, как источник углерода, с другой – как загрязняющее вещество с токсическими свойствами [5, 7, 12]. Присутствие нефти в почве может как стимулировать размножение и развитие микроорганизмов, так и угнетать их.

В работах ряда исследователей влияния загрязнения нефтью и нефтепродуктами на микробную систему почв зафиксировано изменение численности и состава почвенных микроорганизмов. Отмечено увеличение численности аммонифицирующих, азотфиксирующих, денитрифицирующих бактерий, микромицетов, и уменьшение численности нитрифицирующих бактерий и актиномицетов [4, 6 – 8, 12].

В результате проведенных микробиологических исследований почвы прилегающих территорий автозаправочным станциям и автотранспортной магистрали, загрязненной нефтепродуктами, установлено, что комплекс почвенных микроорганизмов отвечает снижением своей валовой численности и угнетением активности (рис. 2).

МИКРОФЛОРА ТЕХНОГЕННОЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

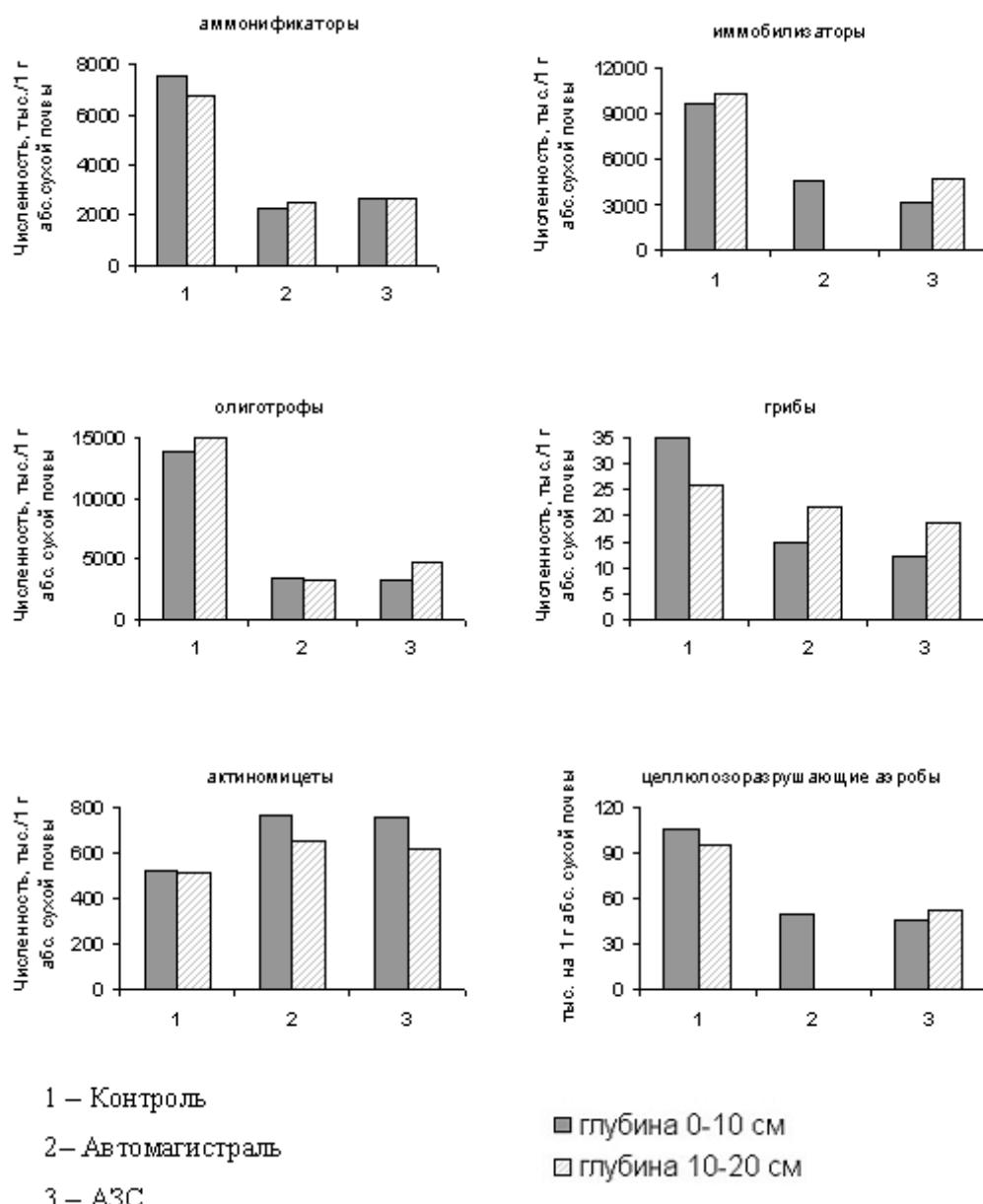


Рисунок 2 – Численность основных эколого-трофических групп микроорганизмов обследованных территорий, загрязненных нефтепродуктами

Таким образом, фактический материал, полученный при проведении исследований, показал, что под влиянием веществ техногенного загрязнения состав микрофлоры почвы меняется.

Загрязнение почвы тяжелыми металлами вызывает существенные изменения в микробном комплексе, которые проявляются как в снижении разнообразия микроорганизмов, так и в уменьшении их активности. Загрязнение почв нефтепродуктами также приводит к существенной перестройке

комплекса микроорганизмов, изменению структуры доминирования в почвенной микрофлоре. При этом у микроскопических грибов наблюдается снижение разнообразия, у бактерий – рост.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гузев В.С. Экологическая оценка антропогенных воздействий на микроbióную систему почв : Автoref. дисс. ...докт. биол. наук. – М. : МГУ, 1988. – 38 с.
2. Звягинцев Д.Г., Умаров М.М., Чернов И.Ю. Микробные сообщества и их функционирование в процессах деградации и самовосстановления почв // Деградация и охрана почв. – М. : Наука, 2002. – С. 404 – 454.
3. Илялетдинов А.Н. Иммобилизация металлов микроорганизмами и продуктами их жизнедеятельности // Микроорганизмы как компонент биогеоценоза (Методы изучения). – М. : Наука, 1984. – С. 18 – 31.
4. Исмаилов Н.М. Влияние нефтяного загрязнения на круговорот азота в почве // Микробиология. – 1983. – Т. 52. № 6. – С. 1003 – 1007.
5. Киреева Н.А. Микробиологические процессы в нефтезагрязненных почвах. – Уфа : БГУ, 1995. – 172 с.
6. Киреева Н.А., Водопьянов В.В., Ми��атахова А.М. Биологическая активность нефтезагрязненных почв. – Уфа : Гилем, 2001. – 376 с.
7. Киреева Н.А. Микробиологическая индикация нефтезагрязненных почв // Нефт. и газ. пром-сть. – 1997. – № 6. – С. 11 – 13. – (Защиты от коррозии и охрана окруж. среды).
8. Киреева Н.А. Микробиологические процессы в нефтезагрязненных почвах. – Уфа : БГУ, 1995. – 172 с.
9. Мирчинк Т.Г. Почвенная микробиология. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1976. – 206 с.
10. Мишустин Е.Н. Ассоциации почвенных микроорганизмов – М. : Наука, 1975. – С. 100 – 106.
11. Наплекова Н.Н. Изменение видового состава грибов в почвах, загрязненных свинцом / Наплекова Н.Н., Булавко Г.И. // Использование микроорганизмов в сельском хозяйстве и промышленности. – Новосибирск : Наука; Сиб. отд-ние, 1982. – С. 57 – 63.
12. Рыбак В.К. Микрофлора почвы загрязненной нефтью // Микробиологический журнал. – М., 1984. – № 4. – С. 29 – 32.
13. Свистова И.Д. Биодинамика микробного сообщества почвы в антропогенных экосистемах лесостепи : Автoref. дис. ...докт. биол. наук. – Петрозаводск : ПГУ, 2005. – 50 с.
14. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В. Агрохимические свойства серых лесных почв под влиянием загрязнения нефтью // Плодородие : Научно-практический журнал. – М. : МЦНТИ, 2008. – № 4. – С. 45.
15. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В. Воздействие ТМ на почвенную микрофлору // Плодородие : Научно-практический журнал. – М. : МЦНТИ, 2007. – № 8. – С. 40.
16. Шаркова С.Ю., Полянскова Е.А., Парфенова Е.А. Биоиндикация городской среды по состоянию микробного комплекса почв // Экология и промышленность России : Научно-технический журнал. – М., 2011. – № II. – С. 44 – 47.

**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДРЕВЕСНЫХ
РАСТЕНИЙ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В АХУНСКОМ ДЕНДРОПАРКЕ
ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

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

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

**EKOLOGO-BIOLOGICAL PARTICULARITY OF THE WOOD PLANTS
UNDER INTRODUKCI IN AHUNSKOM
DENDROPARKE PENZENSKOY AREA**

© *N.I. Ostroborodova, Penza state agricultural academy (Penza, Russia)*

© *O.I. Ulanova, Penza state agricultural academy (Penza, Russia)*

Статья посвящена проблеме интродукции деревьев и кустарников в условиях города Пензы. Исследования проводились в Ахунском дендропарке, расположенном на пологом склоне северной экспозиции до 0,5° г. Пензы. Получена общая оценка перспективности 7 видов дальневосточного и 3 видов североамериканского происхождения, произрастающих в дендропарке. Опыт интродукции и акклиматизации экзотов в Пензенской области позволил сделать предварительные выводы о том, что состав флоры древесных растений в городе может быть увеличен.

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

This article is devoted the problem of introduction of trees and bushes in the conditions of city of Penzy. Researches were conducted in Akhunskom dendroparke, located on the declivous slope of north display to 0,5° Penzy. The general estimation of perspective is got 7 kinds Far-Eastern and 3 types of north-american origin sprouting in dendroparke. Experience of introduction and acclimatization of ekzotov in the Penzenskoy area allowed to do preliminary conclusions that composition of flora of arboreal plants in town can be megascopic.

Key words: dendropark, introduction, introducenty, arboreal planting, forestry, arboreal plants.

E-mail: natasha_1002@mail.ru

Сохранение разнообразия растений как составляющей части биологического разнообразия представляет одну из наиболее важных экологических проблем на сегодняшний день, решение которой может осуществиться за счет внедрения в лесокультурную практику наиболее хозяйствственно-ценных и быстрорастущих древесных экзотов [1, с. 7].

Древесные растения Дальневосточной и Североамериканской флоры имеют широкий спектр полезных свойств и применяются в различных областях хозяйственной деятельности не только в местах своего естественного произрастания [3, с. 87].

Объектом исследования служили 7 видов дальневосточных и 3 вида североамериканских деревьев и кустарников 6 семейств и 8 родов (табл. 1).

Исследования роста и состояния интродуцентов проводились в Ахунском дендропарке города Пензы, который был организован Филимоном Александровичем Лабурцевым на базе лесного питомника Засурского лесничества, ранее бывшего Засурско-Селиксенской казенной дачей, считавшейся одной из лучших в русском государстве в 1909 – 1912 годах. На сегодняшний день площадь дендропарка составляет 14,7 га [4, с. 12].

Жизнеспособность и перспективность интродукции растений проводилась с использованием оценки ГБС [2, с. 7 – 67].

Согласно данной методике для оценки жизнеспособности приняты семь основных показателей: зимостойкость, одревеснение побегов, сохранение формы роста, побегообразование, прирост в высоту, генеративное развитие и способы размножения в культуре.

Таблица 1 – Систематическое положение североамериканских и дальневосточных видов деревьев и кустарников

№	Семейство	Род	Вид
1	Бобовые (Fabaceae)	Карагана (<i>Caragana</i>)	Карагана древовидная (желтая акация) (<i>C. Arborescens Lam.</i>)
2	Кленовые (Aceraceae)	Клен (<i>Acer</i>)	Клен приречный (<i>A. Ginnala Maxim</i>)
3	Ореховые (Juglandaceae)	Орех (<i>Juglans</i>)	Орех маньчжурский (<i>J. Mandshurica Maxim.</i>)
4	Розоцветные (Rosaceae)	Рябина <i>Sorbus</i>	Рябина обыкновенная (<i>Sorbus aucuparia</i>)
		Яблоня (<i>Malus</i>)	Яблоня ягодная (сибирская) (<i>M. Baccata (L.) Borkn.</i>)
5	Рутовые (Rutaceae)	Феллодендрон (<i>Phellodendron</i>)	Бархат (Феллодендрон) амурский (амурское пробковое дерево) (<i>P. Amurense Rupr.</i>)
6	Сосновые (Pinaceae)	Лиственница <i>Larix</i>	Лиственница сибирская (<i>Larix sibirica</i>)
			Сосна Веймуата <i>Pinus strobus</i>
			Сосна Банкса <i>Pinus banksiana</i>
		Сосна (Pinus)	Сосна кедровая корейская (лат. <i>Pinus koraiensis</i>)
Всего	6 семейств	8 родов	10 видов

По результатам визуального обследования все представленные виды дальневосточной и североамериканской флоры имеют достаточно высокие суммарные показатели жизнеспособности и относятся к I и II группе перспективности, за исключением Бархата амурского и Кедра корейского (табл. 2).

Наименьшая степень вызревания побегов характерна для Бархата амурского и Клена приречного (15 баллов).

Максимальную (25 баллов) и среднюю (20 баллов) оценку зимостойкости имели по 4 вида, а наименьшую (15 баллов) – 2 вида. Сохранение формы роста отмечалось у всех изучаемых видов. Побегообразовательная способность ниже 5 максимальных баллов наблюдалась у трех видов: Ореха маньчжурского, Кедра корейского и Бархата амурского. Остальные 7 видов имели 5 баллов. Показатели, связанные с приростом в высоту, генеративным развитием, у всех видов достигали максимальных баллов, за исключением Кедра корейского.

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ...

Таблица 2 – Оценка состояния экзотов древесных пород

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

Получена общая оценка перспективности изучаемых видов.

К I группе перспективности относятся виды с суммой баллов жизнеспособности от 97 до 100, включающие в себя 4 представителя. Это группа вполне перспективных интродуцентов, отличающихся хорошей зимостойкостью и одревеснением побегов. В ходе вегетационного периода отмечается сохранность жизненной формы растений. Кроме того, эти растения отличаются хорошим побегообразованием. У таких видов, как Карагана древовидная, Яблоня ягодная хорошо отрастает и формируется крона после ее обрезки.

Ко II группе (группе перспективных видов) относятся те виды растений, сумма баллов которых от 87 до 90 – это Клен приречный, Орех маньчжурский, Сосна Веймутова и Сосна Банкса. Все растения имеют высокую или среднюю побегообразовательную способность, дают ежегодный прирост побегов, образуют всходящие семена.

Изученные нами виды деревьев и кустарников перспективны для интродукции в условиях области, а также характеризуются пищевыми, лекарственными и декоративными свойствами. Могут создаваться в группах, живых изгородях и одиночно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жиров В.К., Гонтарь О.Б. Физиологический возраст растений и классификация фиторазнообразия // Физико-химические механизмы адаптации растений к антропогенному загрязнению в условиях крайнего севера : Тезисы докладов межд. науч. конф. (Апатиты, Мурманская обл., 7 – 11 июня 2009). – Апатиты, 2009. – С. 7 – 9.

2. Лапин П.И., Сиднева С.В. *Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений.* – М., 1973. – С. 7 – 67.
3. Коляда Н.А. *Итоги интродукции Североамериканских видов семейства Rosaceae Juss. в условиях юга Приморского края // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН.* – 2009. – Вып. 3. – С. 87 – 90.
4. Рабочий проект инвентаризации и благоустройства Ахунского дендропарка. Том 1. – Пенза, 2003. – 148 с.

УДК 504.054+579

ТЕХНОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА АТМОСФЕРУ И ГИДРОСФЕРУ В ПРОИЗВОДСТВЕ 7-АЦК

© *К.Р. Таранцева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)*
© *М.И. Яхкинд, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

TECHNOGENIC LOAD ON ATMOSPHERE AND HYDROSPHERE IN THE PRODUCTION OF 7-ACA

© *K.R. Tarantseva, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*
© *M.I. Yahkind, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

Статья посвящена анализу техногенной нагрузки на атмосферу и гидросферу в производстве 7-АЦК. Показано, что при энзиматической технологии количество сточных вод и отходов на 1 кг 7-АЦК в 16 раз меньше, чем при химической, при этом их токсичность заметно ниже, выбросы в атмосферу в ходе основного технологического процесса в 24 раза меньше, выбросы органических растворителей в атмосферу в 7 раз меньше, при этом состав выбросов заметно менее опасен.

Ключевые слова: техногенная нагрузка, выбросы в атмосферу, сточные воды, 7-аминоцефалоспорановая кислота.

This article analyzes the anthropogenic impact on the atmosphere, hydrosphere and lithosphere in the production of 7-ACA. It is shown that the enzyme technology of waste water and 1 kg of 7-ACA is 16 times smaller than the chemical, while their toxicity is much lower emissions during the primary process is 24 times less emissions of organic solvents in the atmosphere in less than 7 times, and the composition of emissions considerably less dangerous.

Key words: technogenic load, air emissions, waste water, 7-aminocephalosporanic acid

E-mail: krtar@bk.ru, yah@sura.ru

В ближайшие годы в мире ожидается рост производства продуктов биотехнологии. Одним из примеров наиболее массовых производств, в которых биокатализитические процессы заменяют или заменили химические, является получение 7-аминоцефалоспорановой кислоты (7-АЦК) – исходного полупродукта для синтеза полусинтетических цефалоспоринов [1, 2].

ТЕХНОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА АТМОСФЕРУ...

Изучение техногенной нагрузки на атмосферу и гидросферу при химическом и энзиматическом способах производства 7-АЦК является предметом исследования данной статьи [3 – 5].

Сопоставление нагрузки на гидросферу и литосферу

Сопоставление сточных вод и неутилизируемых (направляемых на захоронение) отходов, образующихся в ходе химической и энзиматической технологий получения 7-АЦК представлено в сводной таблице 1. Для наглядности сточные воды и неутилизируемые отходы, образующиеся при получении 7-АЦК химическим способом, приведены в левой части сводной таблицы 1, энзиматическим способом – в правой.

Для энзиматической технологии в таблицу 1 не включены в качестве отходов иммобилизованные ферменты, рассчитанные на длительную работу, хотя после того как их активность упадет, отработанные ферменты направляют на захоронение. Однако с учетом того, что они должны отработать ориентировочно 100 циклов, общее количество таких отходов составит всего около 0,1 кг на 1 кг 7-АЦК, чем можно пренебречь.

Из представленных в таблице 1 данных видно, что при химической технологии получения 7-АЦК образуется около 664,3 кг сточных вод на 1 кг 7-АЦК (рис. 1), в основном после промывки оборудования. Эти сточные воды характеризуются высоким уровнем загрязнения, в частности, содержат небольшие количества N,N-диметиланилина.

Таблица 1 – Сводная таблица сточных вод и неутилизируемых отходов

Химическая технология		Энзиматическая технология	
Наименование отходов	Количество отходов, кг на 1 кг 7-АЦК	Наименование отходов	Количество отходов, кг на 1 кг 7-АЦК
Сточные воды		Сточные воды	
Промывки оборудования (суммарно)	570,81	Практически отсутствуют	
Кубовые остатки (метанол)	93,51		
Итого сточные воды:	664,32		
Твердые отходы		Твердые отходы	
Отработанный кальций хлористый (из патронов)	1,26	Отработанный уголь	0,89
Отработанный кальций хлористый (хлористый метилен)	6,65		
Отработанный уголь	0,69		
Осадок из кубового остатка (метанол)	17,00		
Итого твердые отходы:	25,60		
Жидкие отходы		Жидкие отходы	
Кубовый остаток (ацетон)	0,84	Кубовый остаток (ацетон)	51,05
Фильтрат кубового остатка (метанол)	114,38		
Кубовый остаток (хлористый метилен)	11,83		
Итого жидкие отходы:	127,05		
Итого:	816,97	Итого:	51,94

Также образуется, в основном после регенерации растворителей, значительное количество неутилизируемых отходов – около 25,6 кг твердых и 127 кг жидких отходов на 1 кг 7-АЦК (рис. 1).

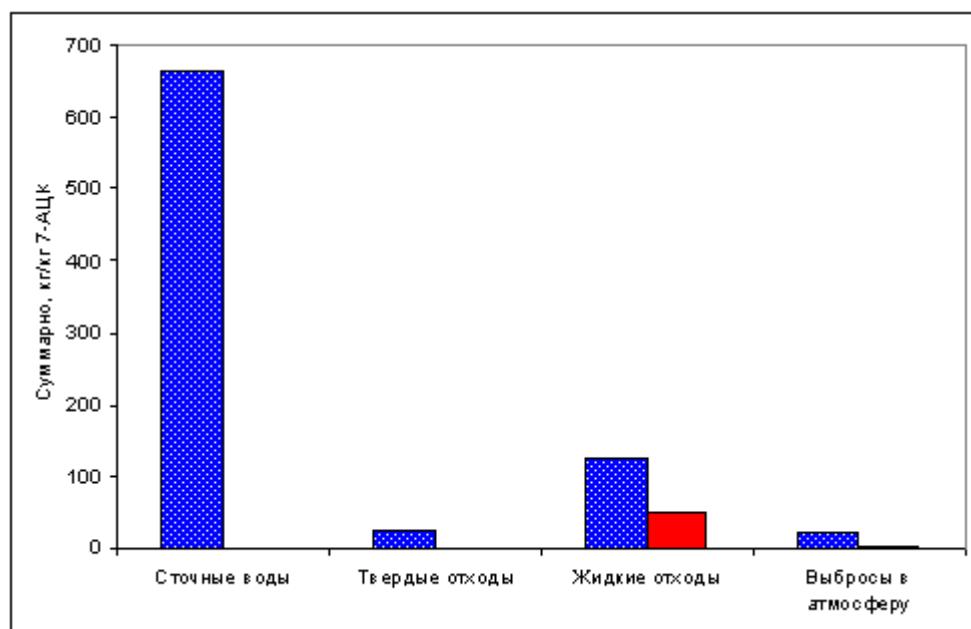


Рисунок 1 – Сопоставление суммарных количеств сточных вод, твердых и жидких отходов, выбросов органических растворителей в атмосферу для химической (левая колонка) и энзиматической (правая колонка) технологий

Суммарное количество неутилизируемых отходов составляет около 152,6 кг на 1 кг 7-АЦК. Все они в той или иной степени содержат N,N-диметиланилин и продукты его разложения, а также другие вредные вещества, и в целом достаточно токсичны. Все эти отходы направляют на захоронение, для жидкого кубового остатка после регенерации ацетона допускается сжигание.

При получении 7-АЦК энзиматическим способом сточные воды практически отсутствуют, поскольку нет необходимости в регулярной промывке оборудования. Из неутилизируемых твердых отходов есть только отработанный уголь после осветления водно-ацетонового раствора 7-АЦК, из неутилизируемых жидких отходов – кубовый остаток после регенерации ацетона. Их количество – около 0,9 кг твердых и 51 кг жидких отходов на 1 кг 7-АЦК (рис. 1), суммарно около 51,9 кг на 1 кг. Следовательно, количество твердых отходов приблизительно в 28 раз меньше, чем при химической технологии, количество жидких отходов – почти в 2,5 раза меньше, в целом отходов почти в 3 раза меньше. Отходы в этом случае также направляют на захоронение.

Суммарно количество сточных вод и отходов для химической технологии (около 817 кг на 1 кг 7-АЦК), почти в 16 раз больше, чем для энзиматической (около 51,9 кг на 1 кг). Таким образом, при энзиматической технологии получения 7-АЦК загрязнение окружающей среды существенно меньше не только по токсичности, но и по количеству загрязняющих веществ.

ТЕХНОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА АТМОСФЕРУ...

Сопоставление нагрузки на атмосферу

Сводная таблица 2 сопоставления выбросов в атмосферу по химической и энзиматической технологии получения 7-АЦК составлена подобно сводной таблице 1.

Данные, приведенные для основного процесса, представляют собой величины, найденные по результатам фактических замеров концентраций выбрасываемых веществ в ходе основного технологического процесса в воздухе, выходящем из вытяжной вентиляции. Все найденные концентрации меньше ПДК (ОБУВ) в атмосферном воздухе населенных мест, т.е. являются допустимыми.

Согласно данным, представленным в таблице 2, при химической технологии выбросы в атмосферу в ходе основного технологического процесса суммарно составляют 32,62 г на 1 кг 7-АЦК. Унос растворителей при регенерации суммарно составляет 20,5 кг на 1 кг 7-АЦК (рис. 1).

Таблица 2 – Сводная таблица выбросов в атмосферу

Химическая технология		Энзиматическая технология	
Наименование выбросов	Количество выбросов, на 1 кг 7-АЦК	Наименование выбросов	Количество выбросов, на 1 кг 7-АЦК
В ходе основного процесса	г/кг	В ходе основного процесса	г/кг
Ацетон	0,43	Аммиак	1,32
N,N-диметиланилин	0,59	Ацетон	0,04
Метанол	0,29		
Метилен хлористый	29,41		
Триметихлорсилан	1,81		
Фосфор пятихлористый	0,09		
Итого в основном процессе:	32,62	Итого в основном процессе:	1,36
При регенерации	кг/кг	При регенерации	кг/кг
Ацетон	10,5	Ацетон	2,8
Метанол	3,6		
Метилен хлористый	6,4		
Итого при регенерации:	20,5		

При энзиматической технологии выбросы в атмосферу в ходе основного технологического процесса составляют суммарно 1,36 г на 1 кг 7-АЦК, что почти в 24 раза меньше, чем при химическом способе. Состав выбросов при этом значительно менее опасный для окружающей среды, поскольку в нем отсутствуют наиболее вредные вещества, которые не применяются при энзиматической технологии.

Унос единственного растворителя, ацетона, при регенерации составляет около 2,8 кг на 1 кг 7-АЦК (рис. 1), что более чем в 7 раз меньше уноса суммы растворителей при химическом способе. При этом в атмосферу попадает только ацетон, который заметно менее опасен, чем используемые при химическом способе метанол и хлористый метилен.

Следовательно, при энзиматической технологии получения 7-АЦК выбросы вредных веществ в атмосферу как в ходе основного технологического процесса, так и при регенерации растворителей значительно меньше,

чем при химической, и состав этих выбросов значительно менее опасный для окружающей среды.

Таким образом, использование энзиматической технологии получения 7-АЦК вместо химической многократно снижает загрязнение окружающей среды и позволяет формировать благоприятную среду обитания человека и животных. Все это позволяет рекомендовать разработанную биокатализическую технологию производства 7-АЦК для промышленного освоения в России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таранцева К.Р., Яхкинд М.И. Технологии синтеза 7-аминоцефалоспорановой кислоты и безопасность в техносфере. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2009. – 194 с.
2. Таранцева К.Р., Яхкинд М.И. Анализ технологий синтеза 7-аминоцефалоспорановой кислоты (7-АЦК) и выбор оптимальной безопасной промышленной технологии. – М. : Научный мир, 2009. – 216 с.
3. Пусковой регламент на производство 7-аминоцефалоспорановой кислоты (7-АЦК). ПУР 64-0263-17/1-89.
4. Ведомость изменений № 1-90 к пусковому регламенту на производство 7-аминоцефалоспорановой кислоты (7-АЦК) ПУР 64-0263-17/1-89.
5. Опытно-промышленный регламент на получение 7-аминоцефалоспорановой кислоты (7-АЦК) методом двухстадийного энзиматического дезацилирования. ОПР 64-0263-055-2000.

УДК 574.2

ВЛИЯНИЕ ГЕОПАТОГЕННЫХ ЗОН НА УРОВЕНЬ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НАСЕЛЕНИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

© *O.E. Зотова, Кольский филиал Петрозаводского государственного университета (г. Апатиты, Россия)*

INFLUENCE OF GEOLOGICAL PATHOGENIC ZONES ON LEVEL OF ONCOLOGIC DISEASES OF POPULATION OF MURMANSK AREA

© *O.E. Zotova, Kola Branch of Petrozavodsk State University (Apatity, Russia)*

Статья посвящена влиянию геопатогенных факторов на структуру и динамику заболеваемости злокачественными новообразованиями взрослого населения некоторых районов Мурманской области.

Ключевые слова: геопатогенные факторы, злокачественные новообразования, патологические состояния, геоэкологический риск.

The article is sanctified to influence of geological pathogenic factors on a structure and dynamics of morbidity malignant new formations of adult population of some districts of the Murmansk area.

ВЛИЯНИЕ ГЕОПАТОГЕННЫХ ЗОН НА УРОВЕНЬ...

Key words: geological pathogenic factors, malignant new formations, pathosiss, geoecological risk.

Введение. Состояние здоровья и уровень заболеваемости людей в значительной степени зависят от состояния окружающих природной, техногенной и социальной сред. Изменения различных медицинских и других показателей обусловлены многими их факторами, находящимися во взаимодействии. Исследование этих изменений, выявление причинно-следственных связей между явлениями относится к важнейшим и актуальным проблемам медицинской экологии. Важность этих проблем определяется недостаточностью научных знаний причинно-следственных связей как между самими параметрами, характеризующими среду обитания, так и между этими параметрами и изменениями медицинских показателей здоровья людей. Целью наших исследований было изучение пространственно-временных вариаций медицинских показателей онкологической заболеваемости взрослого населения Мурманской области, а также их сопоставление с факторами природной, техногенной и социальной среды.

Актуальность исследования. Природные условия области характеризуются следующими особенностями. Почти вся область находится за Полярным кругом, поэтому здесь устанавливается специфический световой режим года: зимой – полярная ночь, которая продолжается на крайнем севере области два месяца, летом – полярный день. В течение года преобладает циклическая погода, переменчивая, прохладная, ветреная, с осадками. Территория Мурманской области находится в пределах северо-восточной части Фенноскандинавского щита, где практически на поверхности обнажены древнейшие преимущественно магматические и метаморфические породы, которые перекрыты прерывистым и в целом маломощным чехлом осадков новейшего времени. Многие породы, например граниты, породы щелочных интрузивных массивов, создают несколько повышенный естественный радиационный фон. Большую роль в формировании рельефа играют разломы, в том числе активные в новейшее время. С разломами связаны зоны дробления коренных пород, что облегчало и ускоряло их разрушение процессами денудации, поэтому возникали отрицательные формы рельефа. К разломам приурочены речные долины, озерные котловины. На берегах многочисленных рек и озер, которые в основном наследуют разломные зоны, находятся все населенные пункты, в том числе и крупные города [1].

Результаты немногочисленных исследований [2, 3] показали, что состояние здоровья населения определяется не только негативным техногенным воздействием на окружающую среду, но также и наличием геологических неоднородностей земной коры на территории селитебных зон и, в первую очередь, активных локальных разломов земной коры (ЛРЗК), обозначаемых рядом исследователей как “геопатогенные зоны”. В результате многолетних наблюдений замечено неблагоприятное влияние этих зон на живые организмы, однако более детальных исследований отрицательного воздействия на организм человека конкретных геофизических факторов, наблюда-

емых в местах ЛРЗК, практически не проводилось [4], и по области исследования в этом направлении весьма немногочисленны [5].

Материалы и методы. В работе использовали статистические данные, характеризующие уровень заболеваемости взрослого населения Мурманской области и другие сведения по данным Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области (<http://murmanskstat.gks.ru>), а также базы данных официальных сайтов и ежегодников Росстата и Мурманскстата, ежегодных докладов комитета природопользования и экологии Мурманской области (<http://www.gov-murman.ru/>), материалов периодической печати, других опубликованных источников. Учтены статистические показатели (число случаев заболевания на тысячу населения) за 1996 – 2000 и 2001 – 2005 годы, подразделенные на соответствующие два кластера. В течение первого учтенного периода отмечался спад экономической активности крупных горнодобывающих предприятий региона, и доминирующими факторами в формировании структуры заболеваемости могли быть социальные, местные геологические и ландшафтные условия. В 2001 – 2005 годах отмечался активизацией промышленности, увеличением мощностей горнодобывающих предприятий региона, что сопровождалось увеличением промышленных выбросов и их неблагоприятного влияния на уровень заболеваемости. Разломы земной коры определяли при участии сотрудников Геологического института Кольского научного центра РАН [1]. Математико-статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием программы Statistica 6,0 и пакета Microsoft Office 2007.

Результаты и обсуждение. Исследованиями установлено, что характерным негативным последствием геопатогенных зон является развитие функциональных нарушений с последующим переходом в патологические состояния и что особенно чувствительны к воздействию сердечно-сосудистая, дыхательная, нервная системы, а также опорно-двигательный аппарат [2, 3]. Немногочисленные исследования обнаружили, что у жителей домов, расположенных в геопатогенных зонах, часто диагностировались онкозаболевания [6].

Зависимость геоэкологического риска заболеваемости на урбанизированных территориях от наличия тектонических нарушений исследовали на основе уровня онкологической заболеваемости взрослого населения.

Отмечена высокая заболеваемость взрослого населения Мурманской области злокачественными новообразованиями (ЗНО) в сравнении со средними значениями по России, что соответствует 39,5 случаев на тыс. населения (табл. 1).

В структуре первичной заболеваемости ЗНО среди мужчин в 1996 – 2000 годах первое место принадлежит ЗНО трахеи, бронхов, легкого, второе – ЗНО желудка, третье – ЗНО лимфатической и кроветворной ткани. Первые два места соответствуют таковым по России, третье место по локализации в целом по стране принадлежит ЗНО кожи, а ЗНО лимфатической и кроветворной ткани занимают лишь седьмое место [7].

ВЛИЯНИЕ ГЕОПАТОГЕННЫХ ЗОН НА УРОВЕНЬ...

Таблица 1 – Структура заболеваемости злокачественными новообразованиями взрослого населения (мужчины) Мурманской области и России в 2001 году (по [7, 8])

Мурманская область			Россия		
Место в структуре заболеваемости	Локализация, но зоологическая форма	Доля в структуре заболеваемости ЗНО	Место в структуре заболеваемости	Локализация, но зоологическая форма	Доля в структуре заболеваемости ЗНО
I	Трахея, бронхи, легкие	25,1%	I	Трахея, бронхи, легкие	24,0%
II	Желудок	13,3%	II	Желудок	12,4%
III	Лимфатическая и кроветворная ткань	5,9%	III	Другие, но во образовании кожи	8,9%
IV	Прямая кишка	5,8%	IV	Предстательная железа	5,9%
V	Ободочная кишка	5,4%	V	Ободочная кишка	5,0%
VI	Новообразования щитовидной железы (кроме метапономального)	4,6%	VI	Прямая кишка	4,7%
VII	Пищевод	4,0%	VII	Лимфатическая и кроветворная ткань	4,6%

В структуре первичной заболеваемости ЗНО среди женщин первое место занимает рак женской молочной железы, второе – ЗНО желудка, третье – ЗНО ободочной кишки. Первое место по распространенности в женской популяции соответствует общероссийской структуре, но второе место по стране принадлежит ЗНО кожи, третье – ЗНО желудка (табл. 2).

Таблица 2 – Структура заболеваемости злокачественными новообразованиями взрослого населения (женщины) Мурманской области и России в 2001 году (по [7, 8])

Мурманская область			Россия		
Место в структуре заболеваемости	Локализация, но зоологическая форма	Доля в структуре заболеваемости ЗНО	Место в структуре заболеваемости	Локализация, но зоологическая форма	Доля в структуре заболеваемости ЗНО
I	Молочная железа	22,3%	I	Молочная железа	19,3%
II	Желудок	9,5%	II	Новообразования кожи (кроме метапономальной)	12,9%
III	Ободочная кишка	7,7%	III	Желудок	8,5%
IV	Тело матки	7,1%	IV	Ободочная кишка	6,7%
V	Новообразования кожи (кроме метапономальной)	6,6%	V	Тело матки	6,7%
VI	Лимфатическая и кроветворная ткань	6,2%	VI	Шейка матки	5,2%
VII	Яичник	5,6%	VII	Яичник	5,0%

Для анализа данных по уровню онкологической заболеваемости взрослого населения были выбраны города Кандалакша, Кировск, Апатиты и Ковдорский район, расположенные в зонах влияния долгоживущих разломов земной коры и горных массивов (Ковдорский, Хибинский), тяготеющих к разломам. В качестве фонового был предложен Терский район, наиболее благоприятно располагающийся по отношению к активным точкам геопатогенных зон (табл. 3).

Таблица 3 – Показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями взрослого населения (на тыс. населения) некоторых районов Мурманской области (по данным [8, 9])

Годы исследования Район исследования	1996 – 2000 гг.	2001 – 2005 гг.
В целом по области	$39,46 \pm 1,05$	$46,22 \pm 0,81$
<i>Горский район</i>	$24,0 \pm 0,61$	$32,90 \pm 5,47$
Кандалакша	$34,84 \pm 0,98^{***}$	$39,12 \pm 1,40$
Апатиты	$48,22 \pm 1,58^{***}$	$46,98 \pm 1,69^*$
Кировск	$31,06 \pm 1,82^*$	$33,46 \pm 0,83$
Ковдорский район	$42,56 \pm 1,91^{***}$	$66,62 \pm 3,67^{**}$

*Примечание : *p>0,95; **p>0,99; ***p>0,999; курсивом выделена фоновая территория*

Представленные данные показывают, онкологическая заболеваемость взрослого населения ($p > 0,9$) населения, проживающего в населенных пунктах зон геотектонических разломов, достоверно выше в 1,2 раза ($p > 0,99$) в г. Апатиты и в 1,1 раза ($p > 0,99$) в Ковдорском районе, чем в среднем по области и в 1,5 ($p > 0,999$); 2,0 ($p > 0,999$); 1,3 ($p > 0,95$); 1,8 ($p > 0,999$) раза выше, чем на фоновой территории. Поскольку в данный период отмечался спад экономической активности градообразующих предприятий, то основными факторами в формировании структуры онкозаболеваемости могли служить социальные и местные геологические условия, такие, как долгоживущие разломы земной коры. Во втором кластере статистически достоверны повышенные показатели данной нозологической единицы в г. Апатиты в 1,4 раза ($p > 0,95$) и Ковдорском районе в 2 раза ($p > 0,99$), что связано с влиянием горных массивов, создающих повышенный радиационный фон. Территории геопатогенных зон в Мурманской области по характеру их влияния на биологические объекты являются биопатогенными.

Данные результаты показывают, что выявлена достоверная закономерность наличия высокого уровня заболеваемости злокачественными новообразованиями от расположения селитебной зоны в районах воздействия геопатогенных зон. Это подтверждает необходимость учета тектонических разломов как зон проявления геопатогенеза.

Заключение. Отмечена высокая заболеваемость взрослого населения Мурманской области злокачественными новообразованиями в сравнении со средними значениями по России. Установлена закономерная связь повышенного уровня этого заболевания именно в районах воздействия геопатогенных зон. Проведенное исследование подтверждает необходимость разработки и реализации экологически обоснованного комплекса мероприятий, направленных на защиту населения от неблагоприятного воздействия природных геофизических факторов окружающей среды, а также профилактику и снижение онкозаболеваемости среди городских жителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Мурманской области. – М. : ГУ ГиК при СМ СССР; ЛГУ, 1971. – 33 с.
2. Лимонад М.Ю. Живые поля архитектуры : Учебное пособие / М.Ю. Лимонад, А.И. Цыганов. – Обнинск : Титул, 1997. – 208 с.
3. Электромагнитные поля в биосфере. Т. 1: Электромагнитные поля в биосфере земли и их биологическое значение. – М. : Наука, 1984. – 236 с.
4. Кострюкова Н.К., Карпин В.А. Геопатогенные эффекты локальных разломов земной коры // Современные научноемкие технологии. – 2005. – № 5. – С. 26 – 31.
5. Троценко А.А., Журавлева Н.Г., Будилова Е.В., Терехин А.Т. Влияние окружающей среды на иммунный статус жителей Республики Карелия и Мурманской области // Актуальные проблемы экологии и природопользования : Сборник научных трудов. – Вып. 12: – М. : РРС “Beam”, 2010. – С. 279 – 282.
6. Павловец И. Биоэнергия и патогенные зоны в жизни человека. – Киев : Соборна Україна, 1994.
7. Государственный доклад о состоянии здоровья населения Российской Федерации в 2001 году // Здравоохранение РФ. – 2003. – № 2. – С. 7 – 28.
8. Заболеваемость населения Мурманской области в 2001 – 2005 гг. : Статистический сборник. – Мурманск, 2006 [Электронный ресурс]. – <http://murmanskstat.gks.ru>.
9. Заболеваемость населения Мурманской области в 1996 – 2000 гг. : Статистический сборник. – Мурманск, 2001 [Электронный ресурс]. – <http://murmanskstat.gks.ru>.

УДК 593.11

**СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ
В ЗАБОЛОЧЕННОМ ЛЕСУ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

- © A.C. Трулова, Пензенский государственный педагогический университет им. В.Г. Белинского (г. Пенза, Россия)
- © O.A. Митяева, Международный независимый эколого-политологический университет (г. Пенза, Россия)
- © Ю.А. Мазей, Пензенский государственный педагогический университет им. В.Г. Белинского (г. Пенза, Россия)

**SEASONAL DYNAMICS OF TESTATE AMOEBAE COMMUNITY
IN THE SWAMPED FOREST OF THE MIDDLE VOLGA**

- © A.S. Trulova, Penza State Pedagogical University (Penza, Russia)
- © O.A. Mityaeva, International independent university of ecology and politology (Penza, Russia)
- © Yu.A. Mazei, Penza State Pedagogical University (Penza, Russia)

В заболоченном лесу, расположенному в окрестностях с. Леонидовка Пензенской области, обнаружено 36 видов и внутривидовых таксонов раковинных амеб. Общая численность организмов в сообществе и состав доминирующего комплекса очень сильно зависят от уровня увлажненности биотопа. Наибольшая численность раковинных амеб наблюдалась в апреле, минимум отмечен в мае и октябре. В сообществе корненожек ранней весной преобладали *Nebela bohemica*, *N. militaris*, *Trigonopyxis minuta*, *Euglypha ciliata glabra*, *Arcella arenaria*. Весенне-летний комплекс представлен эврибионтными видами, хорошо переносящими нехватку влаги *Corythion dubium*, *Phryganella hemisphaerica*, *Euglypha laevis*, *E. ciliata*, *Centropyxis aerophila*, *C. minuta*. Поздним летом и осенью доминируют *Ph. hemisphaerica*, *C. dubium*, *C. minuta*.

Ключевые слова: раковинные амебы, сезонная динамика, структура сообщества, заболоченный лес.

36 species of testate amoebae were identified in the swampy forest, located near Leonidovka village in Penza region. Abundance and species composition in different local communities are affected by moisture content in habitat. The greatest abundance of testate amoebae was observed in April, the minimum occurred in May and October. Community of testate amoebae in the early spring was dominated by *Nebela bohemica*, *N. militaris*, *Trigonopyxis minuta*, *Euglypha ciliata glabra*, *Arcella arenaria*. Spring-summer complex is represented by species that tolerate dryness *Corythion dubium*, *Phryganella hemisphaerica*, *E. laevis*, *E. ciliata*, *Centropyxis aerophila*, *C. minuta*. In late summer and autumn the community is dominated by *Ph. hemisphaerica*, *C. dubium*, *C. minuta*.

Key words: testate amoebae, seasonal dynamics, community structure, swampy forest.

E-mail: alisa.trulowa@yandex.ru; yurimazei@mail.ru

Раковинные корненожки представляют собой амбоидную клетку, заключенную в раковинку, как правило с одним или двумя отверстиями для выхода псевдоподий. Обитают раковинные амёбы в больших количествах в пресных водоемах, почве, моховых биотопах. В современных работах, посвященных изучению раковинных амеб, исследуются количественные и качественные изменения в структуре сообщества корненожек по отношению к основным факторам среды, в первую очередь к уровню увлажнения, кислотности, характеру растительности, уровню трофности [1]. Вопросам, связанным с сезонной динамикой структуры сообществ раковинных амеб, посвящено всего лишь несколько работ [2, 5, 6]. В связи с этим целью настоящей работы стало выявление основных закономерностей сезонной динамики сообщества раковинных амеб в заболоченном лесу около села Леонидовка.

Материалы и методы

Материал был собран в 2008 г. в заболоченном лесу в окрестностях с. Леонидовка. Древесный ярус образован березой пушистой (*Betula pubescens* Ehrh. – 60 %), сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L. – 35 %) и осиной (*Populus tremula* L. – 5 %); подрост – дубом черешчатым (*Querqus robur* L. – 50 %), сосной обыкновенной (30 %) и осиной (20 %); кустарниковый ярус – ивой пепельной (*Salix cinerea* L. – 85 %) и крушиной ломкой (*Frangula alnus* Mill. – 15 %); в травяно-кустарниковом ярусе доминировали вейник сероватый (*Calamagrostis canescens* (Web.) Roth – 20 %), осоки (*Carex* sp. 15 %), черника (*Vaccinium myrtillus* L. – 10 %), орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn ex Decken – 6 %). Сфагновые мхи (*Sphagnum angustifolium*

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ...

(C. Jens ex Russ.) C. Jens, *Sphagnum flexuosum* Dozy et Molk.) покрывали около 10 % поверхности почвы. Почва болотная торфянисто-глеевая маломощная. Грунтовые воды залегают на глубине 30 см.

Отбор проб производили на моховых кочках в течение 7 месяцев. В данном биотопе отбирали образцы мхов (*Sphagnum flexuosum*, *Polytrichum commune*, *Pleurozium schreberii*) в трех повторностях каждая. Пробы анализировали по стандартной методике [3]. Всего проанализирована 21 количественная проба (не считая повторностей).

При количественном учете брались во внимание не только живые особи, но и мертвые (пустые) раковинки. Это позволило оценить общее разнообразие сообщества, включающее, помимо трофически активных клеток, и некроценоз, который обычно составляет значительную часть сообществ раковинных амеб. Учет всей совокупности раковинок (включая некроценоз) дает адекватное представление о полном составе населения локального местообитания и отражает полный потенциальный состав сообщества. В результате, привлекая “пассивную” часть группировок (некроценоз), можно избежать многочисленных трудоемких сезонных учетов для выявления редких малочисленных видов и получить полное представление о видовом составе и структуре сообщества на основе разового отбора проб [4].

Для выявления типов сообществ, отличающихся структурой и формирующими в разные месяцы исследования, проводили ординацию видов методом анализа главных компонент на основе величин относительных обилий видов, что позволило учесть только структурные различия. Все расчеты велись при помощи пакета программ PAST 1.89.

Результаты и обсуждение

В составе сообщества раковинных амеб обнаружено 36 видов и внутривидовых таксонов. Общее количество видов (рис. 1), обнаруженных в каждом месяце исследования, колеблется от 18 (май) до 26 (апрель). В сообществах обнаружены представители 8 семейств раковинных амеб. Преобладающими по количеству видов являются семейства Phryganellidae, Nebelidae и Trinematidae.

Установлено, что в течение сезона значения показателей видового разнообразия с апреля по июль увеличиваются, а затем наблюдается сильный спад. Максимальное значение выравненности видовой структуры отмечено в мае, минимальные в апреле, июне и ноябре. Наибольшее число видов было обнаружено в апреле и июне (рис. 1).

Динамика численности организмов представлена на рисунке 2. Отчетливо выражены два пика: апрель (27648 экз./г. абсолютно сухого субстрата) и август. Минимальные значения численности раковинных амеб обнаружены в мае (13812 экз./г) и октябре (12392 экз./г). В первую очередь такие колебания обусловлены изменением параметров увлажнения биотопа в течение сезона.

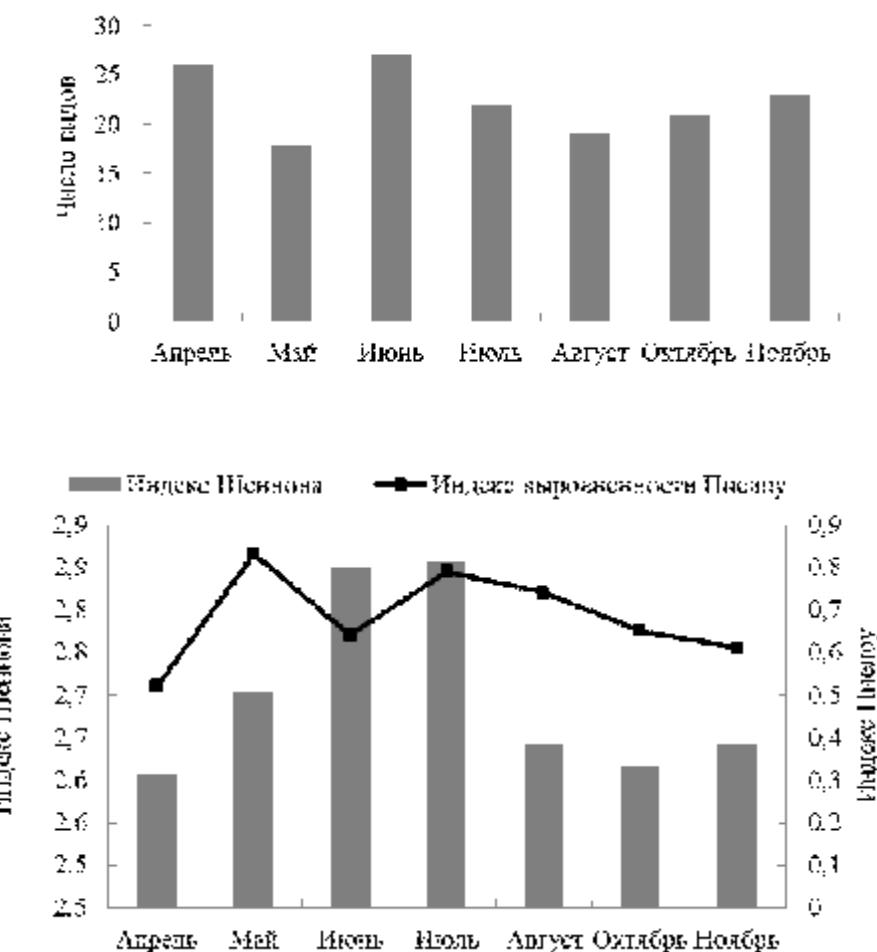


Рисунок 1 – Изменение показателей видового разнообразия сообщества в течение сезона

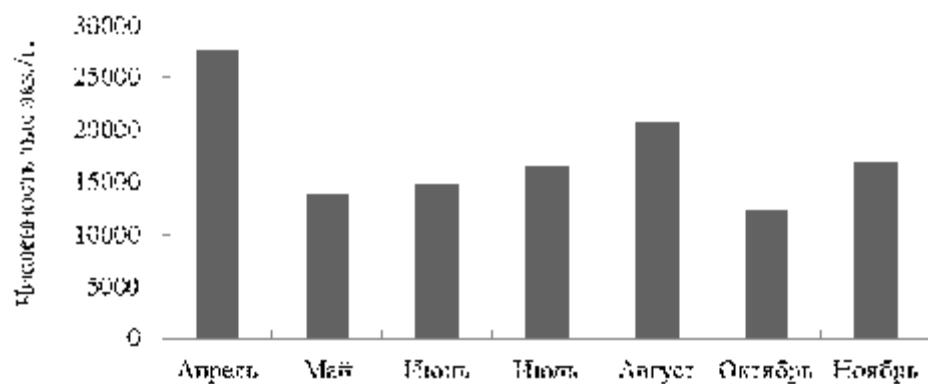


Рисунок 2 – Изменение численности организмов в сообществе

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ...

Наиболее массовые виды, встреченные в исследованном биотопе, – эврибионты *Corythion dubium* (в среднем 15 % от общей численности в пробах), *Phryganella hemisphaerica* (13 %), и мезофилы *Nebela bohemica* (12 %), *Nebela militaris* (10 %). Картину сезонной дифференциации сообществ (рис. 3) показывает отчетливое разделение сообществ, сходных по видовому составу: 1) апрель, 2) май – июль, 3) август – ноябрь. Наиболее своеобразен вариант сообщества корненожек, сформированный в апреле. Виды-доминанты апреля встречались и в другие месяцы исследования (*C. dubium*, *Euglypha ciliata glabra*, *N. bohemica*, *N. militaris*, *Trigonopyxis minuta*), но в апреле также велико число редких, малочисленных видов (*Arcella arenaria sphagnicola*, *A. hemisphaerica*, *A. rotundata alta*, *Corythion orbicularis*, *Trinema leidyi*, *Bullinularia indica*).

Особенные черты имеет и “летний” вариант сообщества тестацей (май, июнь, июль). Доминантами летнего варианта являются эврибионты *C. dubium* и *Ph. hemisphaerica*. В этот период возрастает численность *E. laevis*, *E. ciliata*, *C. aerophila*, *A. arenaria*. Осенний вариант сообщества (август – октябрь – ноябрь) весьма однороден и характеризуется уменьшением численности гидрофильных видов раковинных амеб преимущественно родов *Nebela* и *Arcella*. Однако осенью усиливается доминирование видов *Ph. hemisphaerica*, *C. dubium* и *C. minuta*.

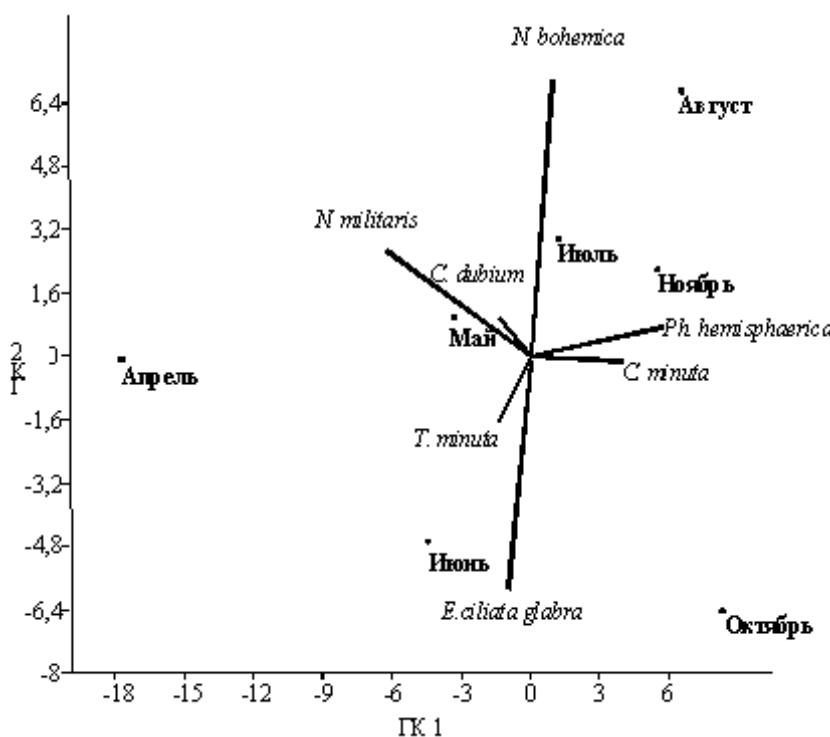


Рисунок 3 – Результаты ординации сезонных вариантов сообществ раковинных амеб по доминирующим видам методом главных компонент. 1 ГК – 65,8 %, 2 ГК – 19,0 %

Таким образом, проведенное исследование показывает, что максимальное видовое разнообразие формируется в середине лета (июнь – июль), что, по всей видимости, обусловлено оптимальным соотношением тепла и влаги в летний период. Обилие организмов максимально в апреле и связано как с наибольшей увлажненностью биотопа, так и, вероятно, с хорошей сохранностью раковинок в течение зимнего периода.

Смена видового состава – другая характерная черта сезонного изменения сообщества простейших организмов. В сообществе корненожек ранней весной преобладали *N. bohemica*, *N. militaris*, *T. minuta*, *E. ciliata glabra*, *A. muscorum*, а также был реализован широкий полиморфизм представителей рода *Arcella* (было обнаружено 6 видов и внутривидовых таксонов). Хотя арцеллы и были малочисленны, но они не были обнаружены в пробах, взятых в последующие месяцы. Вероятно, это связано, во-первых, с благоприятными условиями этого месяца, в частности с избыточной увлажненностью биотопа, а во-вторых, органические раковинки арцелл разлагаются относительно длительный промежуток времени, поэтому возможно их сохранение с предыдущего сезона. Весенне-летний комплекс представлен эврибионтными видами, хорошо переносящими нехватку влаги *C. dubium*, *Ph. hemisphaerica*, *E. laevis*, *E. ciliata*, *C. aerophila*, *C. minuta*. Поздним летом и осенью доминируют *Ph. hemisphaerica*, *C. dubium*, *C. minuta*. Численность *N. bohemica* остается высокой, а *N. militaris* значительно сокращается. Представители родов *Arcella* и *Trinema* в это время года уже практически не встречаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров А.А., Чармен Д., Уорнер Б. Экология раковинных амеб олиготрофных болот (особенности экологии политипических и полиморфных видов) // Изв. РАН. 2002. – № 6. – С. 738 – 751. – (Биология).
2. Говоркова М.Н. Сезонная динамика численности популяции раковинных амеб в болотных почвах Западной Сибири // Научная сессия ТУСУР–2007 : Материалы докладов Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск : ТУСУР, 2007. – Ч. 5. – С. 56 – 58.
3. Мазей Ю.А., Ембулаева Е.А. Изменение сообществ почвообитающих раковинных амеб вдоль лесостепного градиента в Среднем Поволжье // Аридные экосистемы. – 2009. – Т. 15. – № 1(37). – С. 13 – 23.
4. Раухлеева А.В., Корганова Г.А. К вопросу об оценке численности и видового разнообразия раковинных амеб (*Rhizopoda*, *Testacea*) в таежных почвах // Зоол. журн. – 2005. – Т. 84. – С. 1427 – 1436.
5. Heal O. W. Observations on the seasonal and spatial distribution of *Testacea* (*Protozoa: Rhizopoda*) in *Sphagnum* // J. Anim. Ecol. 1964. V. 33. P. 395–412.
6. Mazei Yu. A., Tsyganov A.N. Species composition, spatial distribution and seasonal dynamics of testate amoebae community in sphagnum bog (Middle Volga region, Russia) // Protistology. 2007. Vol. 5. № 2/3. P. 156–206.

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ
ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

- © *A.X. Шеуджен, ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный аграрный университет” (г. Краснодар, Россия)*
© *Л.М. Онищенко, ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный аграрный университет” (г. Краснодар, Россия)*
© *Ю.А. Исупова ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный аграрный университет” (г. Краснодар, Россия)*

AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF CHERNOZEM LEACHED OUT AFTER CONTINUOUS APPLICATION OF FERTILIZERS

- © *A.CH. Sheudzen, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)*
© *L.M. Onischenko, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)*
© *Yu.A. Yusupova, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)*

В условиях стационарного опыта на черноземе выщелоченном изучено влияние длительного (2000 – 2010 гг.) применения минеральных удобрений на физико-химические и агрохимические свойства почвы. За время опыта на неудобренном варианте увеличилась кислотность почвы. Минеральные удобрения оказали дополнительное подкисляющее действие на почву. Их внесение не обеспечивало воспроизведение гумуса в почве, но повышало содержание в ней минеральных форм азота и подвижных соединений фосфора и калия.

Ключевые слова: плодородие, динамика содержания, гумус, чернозем выщелоченный, минеральные удобрения.

Stationary experiment was organized to investigate the effect produced on leached out chernozem by continuous application of chemical fertilizers (2000 - 2010). The experiment was aimed at studying physical-chemical and agrochemical characteristics of the soil. In the course of experiment soil acidity of unfertilized soil lot has increased. Fertilizers produced additional acidizing effect on the soil, moreover, they didn't support humus reproduction but they rise the content of mineral forms of nitrogen and compounds of phosphorus and potassium.

Key words: land fertility, changes in content, humus, leached out chernozem, chemical fertilizers.

Введение. Изменение агрохимических свойств различных почв под влиянием удобрений разная и зависит от вида и количества применяемых удобрений [5]. Известно, что наиболее объективную информацию об эффективности удобрений обеспечивают исследования в многолетних стационарных опытах. Они дают возможность оценить не только прямое действие, но и последействие вносимых питательных веществ. Влияние длительного применения минеральных удобрений на агрохимические свойства черноземов изучено недостаточно, и полученные данные противоречивы [1 – 4].

Цель работы – изучить действие минеральной системы удобрения в полевом севообороте на содержание гумуса и физико-химические свойства чернозема выщелоченного.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить динамику содержания минерального азота, подвижного фосфора и обменного калия в черноземе выщелоченном в зависимости от доз минеральных удобрений;

- выявить длительное влияние применения минеральных удобрений на содержание гумуса, изменения рН солевой, гидролитической кислотности, суммы поглощенных оснований, емкости катионного обмена и степени насыщенности основаниями.

Методика исследований. Исследования проводились в учхозе “Кубань” на стационарном опыте кафедры агрохимии Кубанского госагроуниверситета, который входит в систему Географической сети опытов с удобрениями, включенных в “Реестр аттестатов длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации”. Опытный участок расположен в южной части Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья и относится к третей агроклиматической зоне, характеризующейся умеренно увлажненным климатом с коэффициентом увлажнения 0,30-0,40 и суммой эффективных температур 3400 – 3800 °C.

Схема опыта содержит 16 вариантов и представляет собой специальную выборку из части из полной схемы 4x4x4, образованной тремя факторами: азотом, фосфором, калием, с использованием четырех градаций 0, 1, 2 и 3 доз. Единичные, двойные и тройные дозы составляли под: сою – $N_{20}P_{40}K_{20}$, $N_{40}P_{80}K_{40}$ и $N_{60}P_{120}K_{60}$, озимую пшеницу и ячмень – $N_{40}P_{30}K_{20}$, $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{90}K_{60}$, подсолнечник – $N_{20}P_{30}K_{20}$, $N_{40}P_{60}K_{40}$ и $N_{60}P_{90}K_{60}$, кукурузу – $N_{30}P_{30}K_{20}$, $N_{60}P_{60}K_{40}$ и $N_{90}P_{90}K_{60}$, люцерну – $N_{40}P_{80}K_{40}$, $N_{80}P_{60}K_{40}$ и $N_{120}P_{240}K_{120}$, сахарную свеклу – $N_{40}P_{40}K_{40}$, $N_{80}P_{80}K_{80}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$, соответственно. За одну ротацию 11-польного полевого севооборота (2000 – 2010 гг.) было внесено всего на вариантах с: единичными дозами $K_{390}P_{370}K_{270}$, двойными – $N_{780}P_{740}K_{540}$, тройными – $N_{190}P_{180}K_{150}$.

Объект исследований: чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лесовидных тяжелых суглинках.

Все аналитические работы выполнялись согласно общепринятым методикам: аммонийный азот определяли фотоколориметрическим методом в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26489), нитратный азот по Грандварль – Ляжу, подвижные соединения фосфора и калия – по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204), гумус – по Тюрину, рН солевой вытяжки – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483), гидролитическую кислотность – по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212), сумму поглощенных оснований – по Каппену – Гильковицу.

Результаты исследований. В формировании плодородия почвы важная роль принадлежит гумусу. Этот показатель во многом определяет агрохимические свойства почв. При оценке гумусного состояния чернозема выщелоченного весьма важным является изучение многолетней динамики его содержания. Максимальное его значение – 3,48 % было в 2000 г. на варианте с тройными дозами минеральных удобрений, что превосходило контроль на 0,16 % (рис. 1).

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА...

За 10-летний период без внесения минеральных удобрений содержание гумуса в почве достоверно снизилось с 3,32 до 2,65 %, разница составила 0,67 %. Внесенные минеральные удобрения под культуры севооборота в одинарных, двойных, а также и тройных дозах не способствовали сохранению и, тем более, воспроизведению гумуса. Его содержание в почве уменьшилось при применении одинарных доз на 0,62 %, двойных – 0,56 % и тройных – 0,64 %.

Таким образом, достоверно установлено, что только минеральные удобрения, вносимые в различных дозах, не обеспечивают сохранение содержания гумуса в черноземе выщелоченном. Очевидно, в этих условиях корневые и поживные остатки полевых культур в севообороте не могут полностью компенсировать минерализацию гумуса в почве.

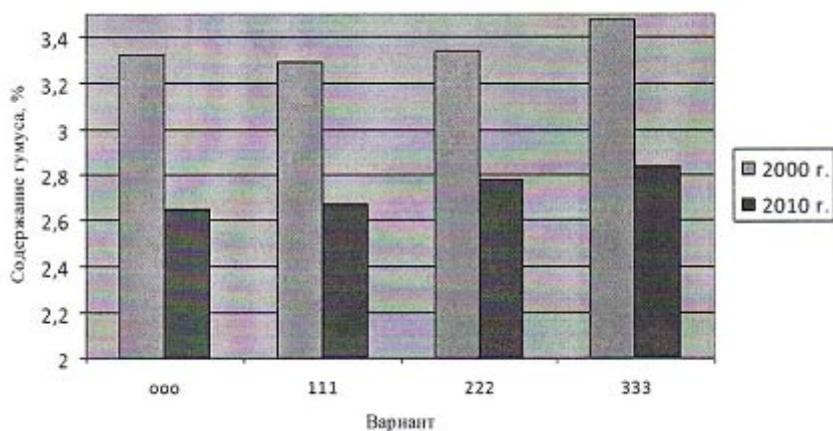


Рисунок 1 – Динамика содержания гумуса в 0-20 см слое почвы

В целях совершенствования системы удобрения культур важным является вопрос о влиянии длительного применения минеральных удобрений на физико-химические свойства почвы: pH солевой, гидролитическая кислотность, сумма поглощенных оснований, емкость катионного обмена, степень насыщенности основаниями. Внесение минеральных удобрений в различных дозах – 111, 222 и 333 под культуры полевого севооборота привело к увеличению обменной кислотности. Длительное их применение приводило к снижению величин pH солевой на всех вариантах в среднем с 6,5 единиц pH до 5,4 (рис. 2).

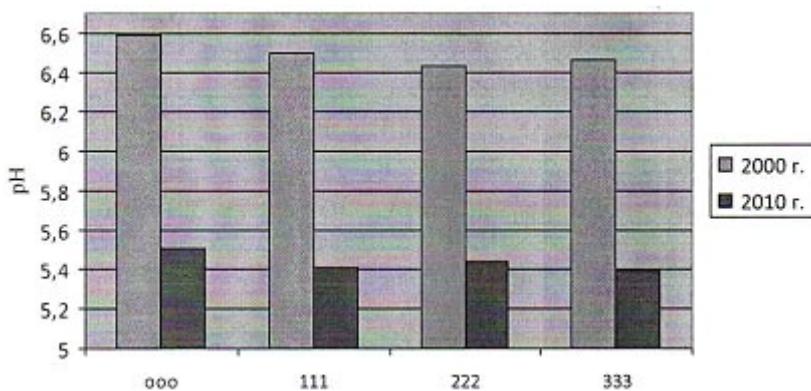


Рисунок 2 – Динамика pH солевой в 0-20 см слое почвы

В 2000 г. внесение одинарных, двойных и тройных доз способствовало достоверному снижению рН солевой – до 6,47 единиц.

Спустя 10 лет наблюдается дальнейшее уменьшение этого показателя. Обменная кислотность повысилась на 0,12 единиц рН при тройной дозе удобрений под культуры севооборота по отношению к контролю. Следовательно, обменная кислотность увеличивается с увеличением доз вносимых удобрений. Длительное внесение минеральных удобрений привело к существенному изменению кислотности чернозема выщелоченного и суммы поглощенных оснований. Гидролитическая кислотность почвы в 2000 г. от вносимых удобрений достоверно не изменилась. Проявление тенденции подкисления почвы в начале исследований от применения минеральных удобрений связано с тем, что почва имела изначально низкую кислотность, а чем она ниже, тем выше ее буферность и тем более она противостояла подкисляющему действию удобрений.

В 2010 г. гидролитическая кислотность повышалась и прямо пропорционально зависела от доз вносимых удобрений. На контроле она составила 1,95 мг-экв/100 г почвы. Одинарные, двойные и тройные дозы полного минерального удобрения повышали ее, соответственно, на 6, 13 и 23 % (рис. 3).

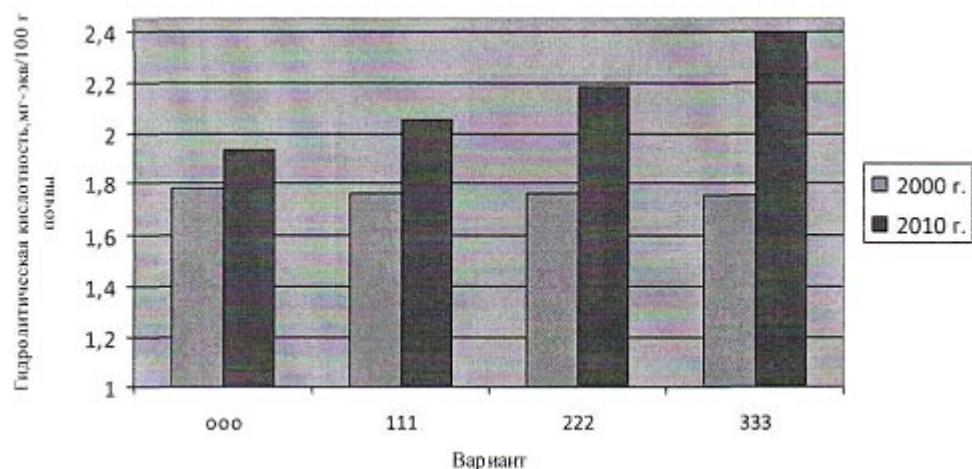


Рисунок 3 – Динамика гидролитической кислотности в 0-20 см слое почвы

Увеличение кислотности почвы негативно отразилось на показателях ее поглощающего комплекса (табл. 1). Сумма поглощенных оснований чернозема выщелоченного за изучаемый период снизилась на всех вариантах, кроме контрольного. Если в 2000 г. этот показатель составлял 38,67 мг-экв/100 г, то на варианте с тройными дозами удобрения после десяти лет уменьшился на 10 мг-экв/100 г. Причем темп снижения суммы поглощенных оснований во времени возрастал и был пропорционален количеству вносимых удобрений.

Уменьшение суммы поглощенных оснований влекло за собой уменьшение емкости катионного обмена. В начале периода исследований этот

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА...

показатель был равен 40,4 мг-экв/100 г почвы, спустя 10 лет S_{n0} составила 39,74 мг-экв/100 г на контроле и дальнейшее более существенное понижение до 35,6 - 31,0 мг-экв на 100 г почвы от внесения удобрений. На вариантах с внесением удобрений степень насыщенности почвы основаниями на одинарных дозах снижается с 95,48 до 94,3 %, двойных с 95,73 до 94,0 %, тройных – с 95,48 до 93,4 %.

Известно, что процессы количественного и качественного изменения гумуса, кислотности, суммы поглощенных оснований, емкости катионного обмена, степени насыщенности основаниями и ряд других взаимосвязаны. В нашем случае внесение минеральных удобрений способствовало увеличению кислотности почвы и уменьшению содержания в ней гумуса.

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений на сумму поглощенных оснований, емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями чернозема выщелоченного

Вариант	S_{n0} , мг-экв/100 г	T, %			
		2000 г.		2010 г.	
		2010 г.	2000 г.	2010 г.	2000 г.
000	38,67	37,8	40,4	39,74	95,62
111	37,33	33,6	39,1	35,66	95,48
222	37,43	33,6	39,2	35,79	95,73
333	31,17	28,6	32,9	31,00	95,48
HCP ₀₅	0,8	0,9			93,4

Систематическое внесение минеральных удобрений на протяжении длительного времени привело к некоторому увеличению содержания питательных веществ в почве (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние длительного применения минеральных удобрений на содержание в почве минеральных форм азота, подвижных соединений фосфора и калия, мг/100 г

Вариант	$(N-NH_4+N-NO_3)$	P_2O_5	K_2O
2000 г.			
000	5,3	8,28	13,21
111	8,3	10,07	14,56
222	8,9	12,85	15,25
333	10,2	13,35	16,74
2010 г.			
000	13,8	9,85	12,01
111	16,5	12,69	14,83
222	18,2	14,25	15,94
333	19,4	15,25	18,70

С увеличением доз вносимых удобрений повышается содержание элементов питания в почве. Так, в 2010 г., если на контроле содержание минерального азота в 0-40 см слое почвы составило 13,8 мг/100 г, то в варианте с внесением двойной и тройной доз удобрения оно возрастало на 4,4 и 5,6 мг/100 г почвы, соответственно. Из полученных данных видно, что на всех вариантах опыта содержание подвижного фосфора в почве выше, чем на контроле, но наибольшее его количество наблюдается в варианте с двойными дозами и равно 14,2 мг/100 г почвы.

Несмотря на высокое валовое содержание, калий находится в почвах, главным образом, в нерастворимой, неусвояемой растениями форме, хотя в целом доступного калия во всех почвах больше, чем азота и фосфора. Валового калия чернозёмы Кубани в пахотном слое содержат около 2 %. Основным фондом, из которого растения, прежде всего, потребляют этот элемент, являются его водорастворимые и обменные формы. После длительного применения удобрений увеличение содержания обменного калия в почве отмечено в вариантах с внесением двойных и тройных доз удобрений.

Таким образом, на чернозёме выщелоченном длительное применение минеральных удобрений оказывает существенное положительное влияние на содержание одноименных элементов питания.

Заключение 1. Минеральная система удобрения полевых культур не способствует сохранению и тем более воспроизводству гумуса, содержание которого является диагностической характеристикой длительного антропогенного действия на почву. При этом полученные результаты показывают, что через 50 лет при такой интенсивности использования почвы содержание гумуса снизится на 1,5 %. В соответствии с системой показателей, оценивающих гумусное состояние почв, предложенной Л.А. Гришиной и Д.С. Орловым, это приведет к тому, что используемый в севообороте чернозем выщелоченный перейдет из низкого уровня в очень низкий.

2. За 10 лет опыта на делянках без удобрений изменились физико-химические свойства чернозема выщелоченного. Заметно увеличилась кислотность почвы: pH солевая снижается, повышаются обменная и гидролитическая кислотности; уменьшаются сумма поглощенных оснований, емкость катионного обмена и степень насыщенности почвы основаниями. Минеральные удобрения оказали дополнительное подкисляющее действие на почву. Их действие усиливалось с увеличением дозы удобрений.

3. При длительном, систематическом применении минеральных удобрений пахотный 0-20 см слой почвы обогащается минеральными формами азота, подвижными соединениями фосфора и калия. С увеличением дозы удобрений содержание их в почве закономерно повышается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукин Л.Ю., Косилова А.Н., Дубанина Г.В. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы, зимостойкость продуктивность озимой пшеницы на типичном черноземе // Агрохимия. – 1994. – № 1. – С. 20 – 26.
2. Филон И.И. Влияние длительного применения удобрений и орошения на физико-химические свойства черноземов типичных различного гранулометрического состава // Агрохимия. – 1997. – № 12. – С. 12 – 16.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ КАК ИСТОЧНИК ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

© **В.А. Казаков**, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)

© **О.С. Виноградов**, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)

© **Н.А. Виноградова**, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)

© **Б.Л. Таранцева**, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)

MOTOR TRANSPORT AS A SOURCE OF POLLUTANTS EMISSIONS

© **V.A. Kazakov**, Penza Regional Centre of Higher School, Affiliate of FSBEI HPE “State University of Innovation Technologies and Entrepreneurship of Russia”, Department of “Protection in Emergency Situations” (Penza, Russia)

© **O.S. Vinogradov**, Penza Regional Centre of Higher School, Affiliate of FSBEI HPE “State University of Innovation Technologies and Entrepreneurship of Russia”, Department of “Protection in Emergency Situations” (Penza, Russia)

© **N.A. Vinogradova**, Penza Regional Centre of Higher School, Affiliate of FSBEI HPE “State University of Innovation Technologies and Entrepreneurship of Russia”, Department of “Protection in Emergency Situations” (Penza, Russia)

© **B.L. Taransteva**, Penza Regional Centre of Higher School, Affiliate of FSBEI HPE “State University of Innovation Technologies and Entrepreneurship of Russia”, Department of “Protection in Emergency Situations” (Penza, Russia)

Разработана компьютерная программа, позволяющая рассчитать концентрацию загрязняющих веществ в воздухе автомагистрали от стоящих и движущихся автомобилей. Программа учитывает тип автомобилей и вид используемого топлива.

Ключевые слова: экология, автомобильный транспорт, компьютерная программа, база данных, расчет выбросов, уровень загрязнения

The computer program for calculating air pollutants concentration of motor highway of parked and moving cars has been developed. The program takes into account both a car type and a fuel type used.

Key words: ecology, motor transport, computer program, database, emissions calculations, pollution level.

E -mail: VAK2002@list.ru, fox-bbs@mail.ru

Постоянно увеличивающийся уровень загрязнения атмосферы связан не только с промышленными, но и с автомобильными выбросами. Решить проблему автомобильных выбросов пока не удается в силу следующих причин:

- быстро увеличивающиеся темпы автомобилизации,
- большое количество автомобилей устаревших моделей,
- низкие показатели экологической безопасности транспортных средств,
- большое число автомобилей на малых территориях.

Мониторинг за уровнем загрязнения окружающей среды от автотранспорта связан, в основном, с взятием проб воздуха и грунта вблизи автотрасс. Кроме того, уровень загрязнения можно оценить расчетным способом, проанализировав количество автомобилей на определенном участке дороги или “на светофоре”. Подобный анализ должен учитывать тип и объем двигателя автомобилей.

В целях облегчения подобных расчетов была разработана компьютерная программа на основе утвержденной приказом Госкомэкологии России № 66 от 16 февраля 1999 года Методики определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов [1].

Методика предлагает делить автомобили по следующим группам [1]:

- легковые, легковые дизельные;
- грузовые карбюраторные с грузоподъемностью до 3 т (в том числе работающие на сжиженном нефтяном газе) и микроавтобусы;
- грузовые карбюраторные с грузоподъемностью более 3 т (в том числе работающие на сжиженном нефтяном газе);
 - автобусы карбюраторные;
 - грузовые дизельные;
 - автобусы дизельные;
 - грузовые газобалонные, работающие на сжатом природном газе.

В зависимости от группы автомобиля дается количественный состав выбросов. Используя сведения о поправочных коэффициентах, применяемых для учета скорости движения автомобиля, можно точнее рассчитать уровень загрязнения.

Используя вышеупомянутую методику, можно создать базу данных (рис.1) по выбросам от конкретной группы движущихся автомобилей и значительно ускорить процесс расчета на конкретном участке автомагистрали. Аналогичная база данных имеется для работающих автомобилей при их нахождении на перекрестке при запрещающем сигнале светофора.

При работе с программой заполняются сведения о количестве автомобилей каждой группы, длина расчетного участка автомагистрали и скорость движения транспортного потока (рис. 2).

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ КАК ИСТОЧНИК...

The screenshot shows a software window titled "Определение выбросов автотранспортом" (Determination of emissions from road transport). The window has a menu bar with "Программа" and "Об авторе". Below the menu is a table with the following data:

	CO	NO	CH	Сажа	SO2	Формальд	Соединения	Бенз(а)ндр
Легковые-1	19,0	1,8	2,1	0	0,065	0,006	0,019	0,0000017
Легковые-2	2,0	1,3	0,25	0,1	0,21	0,003	0	0
Грузовые-2	69,4	2,9	11,5	0	0,20	0,020	0,026	0,0000045
Грузовые-3	75,0	5,2	13,4	0	0,22	0,022	0,033	0,0000063
Автобусы-4	97,6	5,3	13,4	0	0,32	0,03	0,041	0,0000064
Грузовые-5	8,5	7,7	6,0	0,3	1,25	0,21	0	0,0000065
Автобусы-6	8,8	8,0	6,5	0,3	1,45	0,31	0	0,0000067
Грузовые-7	39,0	2,6	1,3	0	0,18	0,002	0	0,0000020

At the bottom of the window are buttons: "Открыть файл" (Open file), "Выполнить расчёты" (Perform calculations), "Г на перекрёстке" (G at intersection), and "Выход" (Exit).

Рисунок 1 – Фрагмент базы данных по группам автомобилей при их движении

The screenshot shows a software window titled "Определение выбросов автотранспортом" (Determination of emissions from road transport). The window has a menu bar with "Программа" and "Об авторе". Below the menu is a form with the following fields:

Количество автомобилей 1 группы	<input type="text"/>	Выбросы ЗВ 1 группы	Выбросы на 1 полосе
Количество автомобилей 2 группы	<input type="text"/>	Выбросы ЗВ 2 группы	Выбросы на 2 полосе
Количество автомобилей 3 группы	<input type="text"/>	Выбросы ЗВ 3 группы	Выбросы на 3 полосе
Количество автомобилей 4 группы	<input type="text"/>	Выбросы ЗВ 4 группы	Выбросы на 4 полосе
Количество автомобилей 5 группы	<input type="text"/>	Выбросы ЗВ 5 группы	Суммарный выброс ЗВ
Количество автомобилей 6 группы	<input type="text"/>	Выбросы ЗВ 6 группы	
Количество автомобилей 7 группы	<input type="text"/>	Выбросы ЗВ 7 группы	
Длина автомагистрали	<input type="text"/>		
Скорость	<input type="text"/>		

Below the form is a button "Посчитать" (Calculate). At the bottom of the window are buttons: "Открыть файл" (Open file), "Выполнить расчёты" (Perform calculations), "Г на перекрёстке" (G at intersection), and "Выход" (Exit).

Рисунок 2 – Интерфейс программы при расчете движущегося транспорта

Программа выдает сведения по каждой группе автомобилей в отдельности, а затем их суммирует.

Таким образом, для автомагистрали (или ее участка) при наличии регулируемого перекрестка суммарный выброс M будет равен [1]:

$$M = \sum_1^n (M_{\pi 1} + M_{\pi 2}) + M_{L1} + M_{L2} + \sum_1^m (M_{\pi 3} + M_{\pi 4}) + M_{L3} + M_{L4}, \quad (1)$$

где $M_{\pi 1}$, $M_{\pi 2}$, $M_{\pi 3}$, $M_{\pi 4}$ – выброс в атмосферу автомобилями, находящимися в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора;

M_{L1} , M_{L2} , M_{L3} , M_{L4} – выброс в атмосферу автомобилями, движущимися по данной автомагистрали в рассматриваемый период времени;

n и m – число остановок автотранспортного потока перед перекрестком, соответственно, на одной и другой улицах, его образующих, за 20-минутный период времени.

Индексы 1 и 2 соответствуют каждому из 2-х направлений движения на автомагистрали с большей интенсивностью движения, а 3 и 4 – соответственно, для автомагистрали с меньшей интенсивностью движения [1].

При расчете количества загрязнений на перекрестке интерфейс программы меняется с учетом количества светофоров и времени запрещающего сигнала (рис. 3).

Выброс i -го загрязняющего вещества (г/с) движущимся автотранспортным потоком на автомагистрали (или ее участке) с фиксированной протяженностью L (км) определяется по формуле [1]:

$$M_{ki} = \frac{L}{3600} \sum_1^k M_{ki}^{\pi} \cdot G_k \cdot k_{vi}, \quad (2)$$

где M_{ki}^{π} (г/км) – пробеговый выброс i -го вредного вещества автомобилями k -й группы для городских условий эксплуатации;

k – количество групп автомобилей;

G_k (1/час) – фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из K групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения;

L (км) – протяженность автомагистрали (или ее участка), из которой исключена протяженность очереди автомобилей перед запрещающим сигналом светофора и длина соответствующей зоны перекрестка.

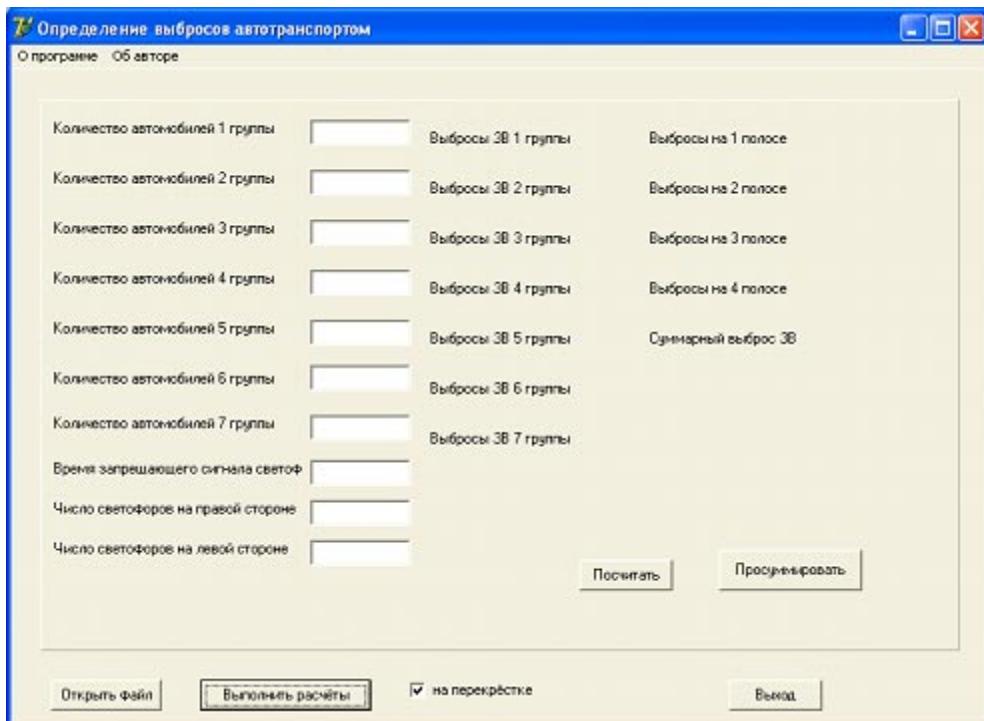


Рисунок 3 – Интерфейс программы по расчету загрязнений на перекрестке

Таким образом, разработанная программа позволяет сократить время на осуществление расчетов по уровню загрязнений от автотранспорта и провести моделирование наиболее неблагоприятных ситуаций, связанных с наибольшим количеством выбросов.

Статья подготовлена в рамках реализации проекта “Создание научных основ для электроосаждения коррозионностойких сплавов из экологически безопасных электролитов” (Государственного контракта № П 994 от 27 мая 2010 года) ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (2009-2013 гг.)»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов. – М. : Гидрометеоиздат, 1999. – 8 с.

**ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СОЛНЕЧНОЙ
АКТИВНОСТИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ
В УСЛОВИЯХ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА**

© **В.И. Костюк**, Полярно-альпийский ботанический сад-институт
Кольского НЦ РАН (г. Апатиты, Россия)

© **Е.Е. Кислых**, Кольский филиал Петрозаводского государственного
университета (г. Апатиты, Россия)

**THE INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS
AND SOLAR ACTIVITY ON THE PRODUCTIVITY OF POTATO
IN THE KOLA PENINSULA**

© **V.I. Kostyuk**, Polar-Alpine Botanical Garden-Institute
of Kola Scientific Centre of RAS (Apatity, Russia)

© **E.E. Kislykh**, Kola Affiliate of Petrozavodsk State University (Apatity, Russia)

На основе анализа материалов агрозоологического мониторинга показано, что вариабельность урожайности картофеля на Кольском Севере обусловлена не только флуктуациями основных метеорологических элементов – света, температуры и осадков, но и изменениями солнечной активности. С помощью процедур оптимизации отклика определено сочетание уровней экзогенных факторов, наиболее благоприятное для осуществления производственного процесса данной культуры.

On the basis of analysis of agro-environmental monitoring shows that the variability in yield of potatoes in the Kola North is caused not only by fluctuations of the basic meteorological elements – light, temperature and precipitation, but also by changes in solar activity. With the help of response optimization procedures defined by the combination of the levels of exogenous factors, the most favorable for the production process of this culture.

На Кольском Севере производственный процесс культурных растений осуществляется в условиях своеобразного сочетания умеренных температур воздуха, пониженного прихода солнечной радиации и непрерывного полярного дня в первой половине вегетационного периода [16]. Это накладывает специфический отпечаток на рост и развитие растений в данном регионе, так как биопродуктивность культигенов на 40-60 % зависит от световых и гидротермических условий периода их активной вегетации [11]. Доминирующую роль в производственном процессе культигенов играет, безусловно, режим солнечной радиации, определяющий интенсивность и масштабы воздушного (фотосинтез) и корневого (поглощение воды, макро- и микроэлементов) питания растений [14].

В сфере внимания исследователей, изучавших агрометеорологические и агрозоологические аспекты формирования урожая картофеля на Кольском Севере, традиционно находились только два метеорологических элемента – температура воздуха и количество осадков [1, 3, 9]. Влияние солнечной радиации на продуктивность картофеля изучалось лишь эпизодически [5 – 7].

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СОЛНЕЧНОЙ...

Следует отметить, что в глобальном масштабе процессы фотосинтетической продуктивности картофеля зависят не только от экспрессии “классической” триады метеорологических величин (света, температуры и осадков), но и находятся под постоянным “контролем” такого гелиогеофизического фактора, как солнечная активность [15]. Поэтому есть основания полагать, что учет этой “фоновой” составляющей в модельных реконструкциях позволит более точно оценивать как общий уровень влияния основных метеорологических элементов на характер формирования урожая картофеля, так и парциальный вклад каждого из них в продукционный процесс.

Представленная работа включает различные подходы к определению продуктивности картофеля в зависимости от солнечной активности и метеорологических условий вегетационного периода, поскольку данная ситуация не относится к числу стандартных или эталонных. Реализация этих подходов осуществлялась с использованием современных технологий статистического анализа, входящих в программный комплекс STATISTICA 8. В структурном плане работа состоит из трех основных частей (этапов).

Первый этап работы включал “элементарный” статистический анализ влияния перечисленных факторов на урожайность и крахмалистость картофеля сорта Хибинский ранний. Для создания исходной базы данных были использованы материалы исследований по агроэкологии картофеля на Полярной опытной станции ВИРа в 1983 – 2005 годах. Общая длина временного ряда по урожайности картофеля составила 23 года.

Данные о среднемесячных температурах июня, июля и августа, а также о количестве атмосферных осадков, выпадающих в эти месяцы, были предоставлены Апатитской гидрометеорологической станцией Мурманского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Среднемесячные значения величин прихода суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность при реальных условиях облачности для рассматриваемой географической точки (с геометрическим центром $67,5^{\circ}$ с.ш. и $33,5^{\circ}$ в.д.) получены из общедоступного интернет-источника – NASA Surface meteorology and Solar Energy (<http://eosweb.larc.nasa.gov>). Месячные значения чисел Вольфа (относительного числа солнечных пятен и их групп) за 23-летний период агроэкологических наблюдений также взяты из интернет-источника со свободным доступом – ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/stp/solar_data/sunspot_numbers.

Принятые сокращения и размерность использованных для расчетов показателей:

У – **урожайность** картофеля, $\text{кг}/\text{м}^2$; К – **крахмалистость** клубней, %; Т – среднемесячная **температура** воздуха, $^{\circ}\text{C}$; О – месячная сумма **осадков**, мм; Р – среднемесячный приход суммарной солнечной **радиации** на горизонтальную поверхность, $\text{kBt}/\text{м}^2/\text{сутки}$; В – месячные значения чисел, или индекса **Вольфа**.

Обозначения дескриптивных статистик: Х – среднее арифметическое значение показателя; R – абсолютный размах значений показателя (min – max); SD – стандартное отклонение; SE – стандартная ошибка; V – коэффициент относительной вариации (%).

В таблице 1 представлены результаты первичной статистической обработки временных рядов для двух результативных признаков – урожайности и содержания крахмала в клубнях картофеля, для трех метеорологических элементов – светового режима, температуры и осадков, а также для гелиогеофизического фактора – чисел Вольфа. Результаты статистических расчетов для экзогенных факторов воздействия на растения картофеля дифференцированы по трем летним месяцам, которые обозначены общепринятыми цифрами: 6 – июнь, 7 – июль, 8 – август. Таким образом, общее количество внешних неконтролируемых факторов (возмущений), влияющих на продуктивность картофеля, является довольно большим – 12, что, безусловно, осложняет обработку исходных данных и интерпретацию получаемых результатов.

Таблица 1 – Статистические характеристики исходных временных рядов для экзогенных факторов и результативных признаков (1983 – 2005 гг.)

Показатель	Месяц	R	X	SD	SE	V, %
Урожайность, кг/м ²	-	3.12-5.09	4.17	0.58	0.12	14.0
Крахмалистость, %	-	9.9-12.9	11.5	0.9	0.2	8.2
Температура воздуха, °С	6	8.1-13.8	11.0	1.6	0.3	14.2
	7	11.5-16.8	14.1	1.5	0.3	10.7
	8	8.9-13.8	11.3	1.3	0.3	11.1
Сумма осадков, мм	6	6-86	46.6	21.0	4.4	45.0
	7	8-171	75.2	37.5	7.8	50.0
	8	17-114	54.9	26.8	5.6	48.9
Солнечная радиация, кВт/м ² /сутки	6	4.23-6.17	5.34	0.49	0.10	9.2
	7	3.72-5.70	4.80	0.57	0.11	11.3
	8	2.86-4.08	3.49	0.32	0.07	9.1
Числа Вольфа	6	1.1-196.2	71.8	54.0	11.3	75.3
	7	8.2-173.7	73.2	50.1	10.4	68.5
	8	7.4-200.3	73.2	57.0	11.9	77.9

Как видно из таблицы 1, наиболее сильно варьировали по годам значения двух показателей – количества атмосферных осадков и индекса Вольфа. Для остальных показателей был характерен умеренный уровень вариабельности. Интересно отметить, что самый узкий диапазон изменчивости температуры воздуха и солнечной активности наблюдался в июле. В этом же месяце зарегистрирована максимальная изменчивость количества выпадающих осадков и притока солнечной радиации к верхней границе (деятельной поверхности) посадок картофеля.

Стандартный корреляционный анализ показал, что урожайность картофеля наиболее тесно коррелировала только с двумя показателями – температурой воздуха в июле ($r = 0.46$; $p = 0.028$) и активностью Солнца в июне ($r = 0.42$; $p = 0.048$).

Общую картину влияния экзогенных факторов на урожайность картофеля можно представить в виде следующих ранжированных (по абсолютным величинам коэффициентов корреляции) рядов: T7 > T6 > T8; O6 > O8 > O7;

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СОЛНЕЧНОЙ...

$B_6 > B_7 > B_8$; $P_6 > P_7 > P_8$. Аналогичные ряды “активностей” данных факторов для крахмалистости клубней выглядят таким образом: $T_7 > T_6 > T_8$; $O_8 > O_6 > O_7$; $B_6 > B_7 > B_8$; $P_6 > P_7 > P_8$.

Дальнейшие расчеты показали, что “классический” корреляционно-регрессионный анализ уместно использовать на начальных этапах изучения причинно-следственных связей в системе “неконтролируемые внешние возмущения – реакция растений”. Данный подход позволяет получить самое общее представление о структуре такой системы. Однако поскольку влияние внешних факторов на фитоценозы является комплексным, то для более глубокого проникновения в суть каузальных связей требуется использование более сложного математического аппарата, например различных методов многомерного статистического анализа [4], а в идеале – применение динамических имитационных моделей [12].

На втором этапе работы экспериментальные данные по урожайности картофеля были разбиты на две контрастные и статистически однородные группы, с тем чтобы лучше понять, как метеорологические элементы и солнечная активность влияют на изменчивость урожайности по годам, а также проранжировать экзогенные факторы по “силе” их влияния на данный отклик.

Для разбиения общего массива данных на две контрастные группы (кластеры, таксоны, типы или классы) использовали нейросетевой подход с применением самоорганизующихся карт Кохонена. По итогам реализации данной процедуры в первую группу вошли годы (объем выборки 12 лет) с относительно низкой урожайностью – менее $4.2 \text{ кг}/\text{м}^2$, а во вторую группу – годы (объем выборки 11 лет) с урожайностью, превышающей $4.2 \text{ кг}/\text{м}^2$ (табл. 2).

Статистические характеристики выделенных групп (кластеров) следующие:

Группа 1: $N = 12$; $R = 3.12 - 4.07$; $X = 3.72$; $SD = 0.34$; $SE = 0.10$; $V = 9.2 \%$.

Группа 2: $N = 11$; $R = 4.26 - 5.09$; $X = 4.66$; $SD = 0.33$; $SE = 0.10$; $V = 7.2 \%$.

Качество разбиения общего массива данных по урожайности картофеля на две контрастные группы оказалось вполне удовлетворительным. Это подтверждает расчетная величина непараметрического Н-критерия Краскела – Уоллиса – Н ($k = 1$, $n = 23$) = 16.5; $p = 0.000049$; а также значимость HSD-критерия Тьюки для неравных по объему групп ($p = 0.000148$).

Статистический анализ межгрупповых различий с помощью LSD-критерия (отечественный аналог – НСР₀₅) показал, что дифференциация уровней урожайности картофеля между группами обусловлена главным образом колебаниями температуры воздуха в июне – T_6 ($p = 0.037$).

Однако ситуационный подход к оценке результатов нейросетевой дискриминации дает основания считать, что повышенная урожайность картофеля в группе 2 (при равной крахмалистости клубней в обеих группах) является результатом благоприятного воздействия целого ряда взаимосвязанных экзогенных факторов. Это более комфортные температурные условия произрастания растений картофеля в июне и июле, повышенное поступление атмосферных осадков в эти месяцы, лучший световой режим растений картофеля в июне и августе. Но, пожалуй, самый любопытный факт – это вы-

сокая солнечная активность в наиболее благоприятные для фотосинтетической продуктивности растений картофеля годы. Она наблюдалась в течение всего периода их вегетации.

Таблица 2 – Результаты дискриминации урожайных показателей и экзогенных факторов на две контрастные группы (группирующий фактор – урожайность картофеля)

Показатель	Месяц	Группа 1 ($\bar{X} \pm SE$)	Группа 2 ($\bar{X} \pm SE$)	Межгрупповая разность, % (2-1)
Урожайность, кг/ m^2	-	3.72 \pm 0.10	4.66 \pm 0.10	+25.3
Крахмалистость, %	-	11.5 \pm 0.3	11.5 \pm 0.3	-
Температура воздуха, °C	6	10.3 \pm 0.4	11.7 \pm 0.4	+13.6
	7	13.9 \pm 0.5	14.3 \pm 0.4	+2.9
	8	11.6 \pm 0.4	11.0 \pm 0.2	-5.2
Сумма осадков, мм	6	42 \pm 6	52 \pm 6	+23.8
	7	72 \pm 12	79 \pm 11	+9.7
	8	58 \pm 10	51 \pm 5	-12.1
Солнечная радиация, кВт/ m^2 /сутки	6	5.2 \pm 0.2	5.5 \pm 0.1	+5.8
	7	4.8 \pm 0.2	4.8 \pm 0.2	-
	8	3.4 \pm 0.1	3.6 \pm 0.1	+5.9
Числа Вольфа	6	57 \pm 13	88 \pm 18	+54.4
	7	62 \pm 14	86 \pm 16	+38.7
	8	59 \pm 14	88 \pm 19	+49.2

В результате диверсифицированного изучения характера причинно-следственных связей в системе “внешние возмущающие факторы – урожайность” установлено, что применение разных методов многомерного статистического анализа для обработки исходных данных зачастую приводит к трудно согласующимся конечным результатам, поскольку эти методы базируются на различных вычислительных алгоритмах. В итоге возникает неопределенная ситуация с широким спектром “правильных” решений. Выбор “наилучшего” из них является неформализуемой процедурой и остается за лицом, принимающим окончательное решение (специалистом, аналитиком, экспертом).

Проиллюстрируем данное заключение на примере использования ряда статистических модулей, входящих в комплекс «Data Mining Analyses».

1. Модуль MARSplines (Multivariate Adaptive Regression Splines). В результате применения этой непараметрической процедуры (порядок взаимодействия предикторов – 1, а число базисных функций – 12) установлено, что урожайность картофеля (ее многолетние вариации) связана преимущественно с температурными условиями вегетационного периода ($T_6 > T_7 > T_8$). При порядке взаимодействия предикторов 2 и числе базисных функций 20 с помощью данного алгоритма выделяются только два статистически значимых фактора – температура воздуха в июле (T_7) и режим солнечной радиации в августе (P_8). Таким образом, по температурному фактору полученный результат согласуется с итогами стандартного корреляционного анализа.

2. Модуль Feature Selection and Variable Filtering. По “силе” влияния экзогенных факторов на отклик получен следующий ранжированный ряд: $P_8 >> P_6 > B_6 > O_6 > T_7 > B_8 > O_8 > T_6 > P_7 > O_7 > T_8 > B_7$. В представленном ряду явным “лидером” является приход солнечной радиации в августе (P_8). Этот результат не является, по-видимому, случайнym и отражает реально су-

ществующие эколого-физиологические закономерности. Нами показано, что в первой декаде августа наблюдаются максимальные суточные приrostы общей фитомассы и урожая клубней картофеля данного сорта. Чистая продуктивность фотосинтеза у растений картофеля в этот период достигает 8-10 г/(м² сут.), а КПД ФАР (380-710 нм) 10-12 % [6, 7], что приближается к теоретически возможному пределу (13-15 %) осуществления данного процесса [10]. Следующими факторами по значимости (с позиций данного анализа) являются солнечная активность, световое довольствие и влагообеспеченность растений картофеля в июне (Р6, В6, О6). От характера экспрессии перечисленных факторов зависит скорость появления всходов, то есть время перехода растений картофеля с гетеротрофного на автотрофный тип питания.

3. Модуль Feature Selection and Variable Screening. Структура ряда: Р8 > О6 > Т8 > В6 > Р6 > Т7 > Т6 > В8 > Р7 > В7 > О8 > О7. На первом месте в приведенном ряду снова стоит фактор Р8. Вторую позицию занимают метеорологические условия июня (О6, В6, Р6), а также температура воздуха в августе (Т8). В соответствии с приведенной иерархией, комфортные световые и температурные условия июля не оказывают выраженного влияния на продукционный процесс растений картофеля.

4. Модуль General Classification and Regression Trees (одномерное ветвление по методу CART). Структура полученного ряда: Р8 > В6 > Т7 > Т8 > Р6 > О6 > О8 > В8 > В7 > Т6 > Р7 > О7. Наиболее важными в агрономическом плане для картофеля являются уровень солнечной активности в июне и величина прихода суммарной солнечной радиации в августе. Любопытно, что третью и четвертую позиции в приведенном ряду занимают два температурных фактора – Т7 и Т8. Следует особо отметить, что корневая вершина ветвления в структуре полученного дерева классификации начинается с фактора Т7, а две дочерние вершины первого порядка – с факторов Р6 и Т8. Это указывает, в частности, на то обстоятельство, что “дискредитированная” в пункте 3 температура воздуха в июле является очень важной для нормального роста и развития растений картофеля.

5. Модуль Partial Least Squares Regression – PLS (алгоритм NIPALS). При использовании данного подхода структура ранжированного ряда (по величине факторных нагрузок предикторов в первой главной компоненте) имеет следующий вид: В6 > В7 > В8 > Т7 > Т6 > О6 > Р6 > О8 > О7 > Р8 > Т8 > Р7. Совершенно отчетливо проявляется доминанта гелиогеофизического фактора “солнечная активность” в реализации продукционного процесса растений картофеля на протяжении всего периода их вегетации. Следующими по важности являются температурный режим июня и июля (Т6 и Т7), а также влагообеспеченность растений в первый месяц периода их активной вегетации (О6).

Полученные результаты показывают, что статистический отбор “наиболее важных” экзогенных факторов, определяющих параметры продукционного процесса растений картофеля, является нетривиальной задачей. Она, вероятно, не имеет однозначного решения в силу большой сложности, динамичности и слабой структурированности системы “внешние возмущаю-

щие факторы – продуктивность картофеля”. Результаты подобных расчетов с небольшим списком предикторов имеют локально-специфический характер и поэтому “правомочны” в ограниченной окрестности проблемной ситуации. В этой связи их нельзя автоматически переносить на другой, даже очень близкий по набору независимых переменных, проблемный ландшафт.

На третьем этапе работы был выполнен однокритериальный (по урожайности картофеля) поиск оптимального сочетания количественных уровней экзогенных факторов. Он актуален как с эмпирической, так и с феноменологической точек зрения, поскольку позволяет лучше понять онтогенетические потребности растений картофеля в погодно-климатических ресурсах Кольского Севера. Вместе с тем, необходимо помнить о “хрупкости” получаемых в ходе подобных расчетов оптимальных решений, которые в общем случае не являются безальтернативными [13]. Одному и тому же “наилучшему” значению параметра оптимизации могут соответствовать разные наборы значений факторов или независимых переменных [2].

Для решения данной задачи использовался модуль ***Response Optimization for Data Mining Models*** (Оптимизация отклика для моделей добычи данных). В упомянутый модуль загружали XML-файл многофакторной полиномиальной модели, которая приводится ниже в стандартизованных переменных:

$$Y = 6.59T8 - 7.17T8^2 - 0.18O7 + 2.63O8 - 2.90O8^2 + 0.38B6^2 + 0.37P6^2 + 0.63P7.$$

$$(R^2 = 92.3\%, P = 0.000002)$$

Оптимизацию отклика по приведенному уравнению выполняли с использованием двух различных алгоритмов. Первый – это симплекс-метод поиска желаемого отклика в пространстве независимых переменных (*Simplex search algorithms*, аббревиатура – S). Он представляет собой управляемый, неградиентный алгоритм поиска, позволяющий определять оптимальный набор значений предикторов за конечное число шагов [17].

Симплекс-метод рассчитан на работу с любым числом независимых переменных и не накладывает никаких ограничений (кроме непрерывности) на целевую функцию. Второй метод оптимизации – это алгоритм случайного поиска наилучшей комбинации переменных (*Random search algorithms*, аббревиатура – R), который является неуправляемым и требует большой вычислительной мощности. При использовании данного метода для получения репрезентативных значений каждого показателя вычисления повторяли 10 раз.

Тип использованной оптимизации для обоих подходов – поиск заданного значения отклика. Поскольку максимальное значение урожайности картофеля за 23 года наблюдений составило 5.09 кг/м², то для модельных расчетов задавали близкую целочисленную величину – 5 кг/м². Стартовые условия для начала работы обоих алгоритмов – средние многолетние значения экзогенных факторов (табл. 1). При симплекс-оптимизации окончательное решение было достигнуто за 160 шагов (итераций). Итоги оптимизации по выбранному нами целевому показателю приведены в таблице 3.

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СОЛНЕЧНОЙ...

Полученные результаты показывают, что наиболее важными для производственного процесса растений картофеля в условиях Кольского Севера являются первые два месяца их вегетации. Климат данного региона не оказывает негативного влияния на продуктивность изученного генотипа (исключение – поздние весенние и ранние осенние заморозки, а также летние “полярные засухи”), однако для образования максимального хозяйственного урожая картофеля необходимо, чтобы в июне и июле средняя температура воздуха, а также количество выпадающих атмосферных осадков превышали их многолетние величины.

Таблица 3 – Оптимальные погодно-климатические условия формирования максимального урожая картофеля сорта Хибинский ранний на широте г. Апатиты

Показатель	Значение показателя	Месяцы		
		июнь	июль	август
Температура воздуха, °C	Оптимальное (S)	10.8	13.9	10.2
	Оптимальное (R)	11.9	14.9	11.6
	Среднее - 0.5(S+R)	11.4	14.4	10.9
	Среднее за 23 года	11.0	14.1	11.3
Сумма осадков, мм	Оптимальное (S)	48	78	61
	Оптимальное (R)	55	98	67
	Среднее - 0.5(S+R)	52	88	64
	Среднее за 23 года	47	75	55
Солнечная радиация, кВт/м ² /сутки	Оптимальное (S)	5.52	4.97	3.42
	Оптимальное (R)	5.73	5.18	3.67
	Среднее - 0.5(S+R)	5.62	5.08	3.54
	Среднее за 23 года	5.34	4.80	3.49
Числа Вольфа	Оптимальное (S)	83	83	76
	Оптимальное (R)	102	102	102
	Среднее - 0.5(S+R)	92	92	89
	Среднее за 23 года	72	73	73

Примечание. 1. S – симплекс-оптимизация отклика, R – случайная оптимизация отклика. 2. 0.5(S+R) – полусумма результатов двух методов оптимизации отклика.

Наиболее значительное увеличение продуктивности картофеля наблюдается в годы с высокой солнечной активностью в летний период, а также при максимальном приходе солнечной радиации к посадкам картофеля в июне и июле, когда появляются всходы, формируется активно работающий фотосинтетический аппарат, происходит процесс образования и накопления массы клубней. Световое довольствие является, по-видимому, важнейшей характеристикой экологической ниши картофеля (и ряда других однолетних культур) на Севере, поскольку, кроме фотоэнергетического воздействия, оно оказывает также влияние на теплообеспеченность растений. В условиях прохладного лета тепловая компонента потока солнечной радиации (видимая и инфракрасная части спектра) может существенно повышать локальную температуру ассимилирующих органов культурных растений [8].

Нами показано, что в годы с благоприятным сочетанием световых и гидротермических условий индекс листовой поверхности в посадках картофеля

очень быстро (к 5-8 августа) достигает оптимальных величин ($4-6 \text{ м}^2/\text{м}^2$), а эффективность связывания лучистой энергии Солнца в общей сухой фитомассе растений картофеля (КПД ФАР) превышает 3 %. Для хозяйствственно-полезной части биологического урожая (клубней картофеля) максимальная величина КПД ФАР достигает 1,9 %. Это в 1,5-2 раза больше значений данного показателя, регистрируемых в условиях средней полосы России [5 – 7].

Резюмируя, следует сказать, что включение индекса Вольфа в список важнейших экзогенных факторов, влияющих на продуктивность культивегнов, позволяет более корректно оценивать и описывать реакцию растений картофеля на вариации света, температуры и осадков в ходе их активной вегетации в условиях Кольского Севера. Результаты многомерного анализа погодно-климатических и агроэкологических составляющих продукции процесса изученного сорта картофеля имеют не только теоретическое, но и прикладное значение. Они могут быть использованы в программах оптимизации технологий возделывания данной культуры за Полярным кругом (для агрометеорологической корректировки сроков посадки картофеля, времени и способов внесения удобрений и т.д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникина С.А., Куликова Н.Т. *Изучение некоторых зарубежных сортов картофеля в Заполярье* // Бюллетень ВИР. – Л., 1978. – Вып. 82. – С. 17 – 21.
2. Антонов А.В. *Системный анализ*. – М. : Высшая школа, 2004. – 454 с.
3. Власова В.А., Будин К.З. *Агроклиматические условия возделывания картофеля на Крайнем Севере европейской части СССР* // Бюллетень ВИР.– Л., 1973. – Вып. 30. – С. 47 – 53.
4. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. *Многомерные статистические методы*. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 352 с.
5. Костюк В.И. *Аккумуляция солнечной энергии картофелем в условиях Кольского полуострова* // Труды по прикл. бот., ген. и сел. – Л., 1980. – Т. 67. – Вып. 2. – С. 66 – 72.
6. Костюк В.И. *Эффективность использования энергии солнечной радиации посадками картофеля в Хибинах* // Труды по прикл. бот., ген. и сел. – Л., 1983. – Т. 82. – С. 105 – 113.
7. Костюк В.И. *Агроэкологические основы продуктивности картофеля на Кольском полуострове*. – Анапиты : Изд-во Кольского научного центра РАН, 1994. – 142 с.
8. Костюк В.И., Ковальская И.М., Гаранько И.Б. *Температурные градиенты растений томатов в зимней теплице* // Бюллетень ВИР. – 1990. – Вып. 199. – С. 44 – 49.
9. Мельничук Г.Д., Костюк В.И., Куликова Н.Т. *Физиология и биохимия картофеля на Кольском Севере*. – Анапиты : Изд-во Кольского научного центра РАН, 1997. – 162 с.
10. Ничипорович А.А. *Энергетическая эффективность и продуктивность фотосинтезирующих систем как интегральная проблема* // *Физиология растений*. – 1978. – Т. 25. – Вып. 5. – С. 922 – 937.
11. Образцов А.С. *Потенциальная продуктивность культурных растений*. – М. : Росинформагротех, 2001. – 504 с.

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СОЛНЕЧНОЙ...

12. Полуэктов Р.А., Смоляр Э.И., Терлеев В.В., Топаж А.Г. *Модели производственного процесса сельскохозяйственных культур.* – СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2006. – 396 с.
13. Тарасенко Ф.П. *Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем).* – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2004. – 186 с.
14. Тооминг Х.Г. *Экологические принципы максимальной продуктивности посевов.* – Л. : Гидрометеоиздат, 1984. – 264 с.
15. Чижевский А.Л. *Земное эхо солнечных бурь.* – М. : Мысль, 1976. – 367 с.
16. Яковлев Б.А. *Климат Мурманской области.* – Мурманск : Мурманское кн. изд-во, 1961. – 200 с.
17. STATISTICA: *Обзор методов и руководство пользователя.* – М. : StatSoft, 2001. – 220 с.

УДК 631.8:631.96

МИГРАЦИЯ КАДМИЯ, КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ ИЗ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

© Н.А. Комарова, Владимирский государственный университет
(г. Владимир, Россия)

CADMIUM, CALCIUM AND MAGNESIUM MIGRATION FROM WORKING DEPTH LAYER OF SOD-PODZOL SOILS POLLUTED BY HEAVY METALS

© N.A. Komarova, Vladimir State University (Vladimir, Russia)

Определена степень влияния различного уровня загрязнения почв на урожайность сельскохозяйственных культур и количественные потери кадмия, кальция и магния из дерново-подзолистых почв.

Ключевые слова: известкование почв, тяжелые элементы, кадмий, продуктивность, потери элементов, концентрация.

The influence extent of various levels of soil pollution on crop yield and cadmium, calcium and magnesium quantitative losses from sod-podzol soils has been defined.

Key words: soil liming, heavy elements, cadmium, productivity, elements losses, concentration.

Тяжелые металлы с инфильтрационными водами из корнеобитаемого слоя почв могут мигрировать в виде различных соединений. Содержание свободных ионов тяжелых металлов (ТМ) может составлять от 5 до 90 % аналитической концентрации этих элементов. Содержание их комплексных соединений с неорганическими лигандами может варьировать в почвах в пределах 3-28 %, а с фульвокислотами и гуминовыми кислотами от 4 до 40 % соединений. Кроме того, от 2 до 27 % ТМ может мигрировать в соста-

ве липидов. Однако балансовые исследования, проведенные в МГУ [1 – 4], показали, что вынос ТМ из почвы с внутрипочвенным стоком многократно меньше отчуждения их с урожаем сельскохозяйственных культур.

Методика проведения опыта. Миграцию ТМ из корнеобитаемого слоя и действие факторов, влияющих на этот процесс, изучали в лизиметрическом опыте с дерново-подзолистыми тяжелосуглинистой и супесчаной почвами. Агрохимическая характеристика опыта приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почв при закладке лизиметрического опыта

Дерново-подзолистая почва	Слой, см	рН сол.	Содержание						
			Нг	Са	Мg	Р ₂ О ₅	К ₂ О		
								мг/экв/100 г почвы	мг/кг
супесчаная	0-20	4,2	4,33	1,9	0,4	22	63	1,7	
	20-40	4,0	5,1	1,8	0,3	15	32	0,8	
тяжелосуглинистая	0-20	4,5	3,79	7,5	2,8	131	117	2,1	
	20-40	4,0	6,1	6,2	2,4	42	92	1,4	

Исследования проводили в зернопропашном севообороте. Перед внесением ТМ почву произвестковали в дозах, соответствующих однократной и двойной гидролитической кислотности почвы. В результате величина рН сол. по полной дозе на обеих почвах составила 6,1-6,3, по двойной – 6,7-6,9; Нг и содержание обменного Al при внесении обеих доз извести не превышали 0,1 мг/экв/100 г почвы. Тяжелые металлы вносили в форме водорастворимых солей: Pb(NO₃)₂; Cd(NO₃)₂·4H₂O и ZnCl₂ из расчета 1-3 ПДК валовой формы этих металлов в почве. Однократные дозы ТМ составили, соответственно: кадмий – 3, цинк – 150, свинец – 30 мг/ кг почвы.

Лизиметры – из винипласта насыпного типа площадью 0,5x0,5 м и глубиной 0,5 м, в качестве дренажа применяли керамзит. Объекты исследований: ячмень Носовский – 9, овес Московский, озимая пшеница Мироновская – 808, кукуруза Днепропетровская – 247, многолетние злаковые травы.

Результаты исследований. Урожайность ячменя на дерново-подзолистых почвах контрольных вариантов определяла степень окультуренности почв – на супесчаной 20 г/лизиметр (около 8 ц/га), на суглинистой в 3 раза больше – 60 г/лизиметр (около 24 ц/га). Отрицательное действие на урожай ячменя отмечено при внесении тройной дозы ТМ на фоне однократной дозы известняковой муки на обеих почвах. В последующие три года оно проявлялось неустойчиво. Эффективность известкования проявилась только на супесчаной почве. Внесение минеральных удобрений на фоне известкования обусловило повышение урожая зерна на супесчаной почве более чем в 2 раза, а на суглинистой лишь на 7 % (табл. 2). Аналогичные закономерности выявлены на всех последующих культурах. В количественном выражении только озимая пшеница была такой же отзывчивой культурой на применяемые агрохимические приёмы.

МИГРАЦИЯ КАДМИЯ, КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ...

Загрязнение почв ТМ приводило к получению низких урожаев и снижению их прибавок. Наибольший недобор урожая практически всех культур отмечен при высоком уровне загрязнения ТМ – ЗПДК. Загрязнение почв по 1 ПДК в условиях известкования не оказало отрицательного влияния, а в некоторых случаях проявило даже стимулирующий эффект. Известкование почв по 2 г.к. способствовало снижению токсической нагрузки на выращиваемые растения и повышению их урожаев (табл. 2).

В период вегетации ячменя наибольшие потери ТМ происходили в начальные фазы его развития (всходы и колошение). Как показали исследования, под зерновыми культурами (ячмень, озимая пшеница) наблюдались максимальные потери, минимальные – под овсом на зеленый корм.

В 1-й год проведения опыта под ячменем концентрация Cd при загрязнении им почвы в инфильтрационных водах возросла с 0,00002-0,003 мг/л до 0,01-0,04 мг/л (табл. 3). На 2-й год концентрация Cd снизилась в 3-4 раза, а в последующие годы она уменьшилась до уровня 0,002-0,003 мг/л и существенных различий между вариантами с внесением Cd и без его внесения не было. Аналогичная закономерность наблюдалась и на суглинистой почве с той лишь разницей, что в 1-й год концентрация Cd была меньше (0,006-0,009 мг/л). В последующие годы она снизилась до 0,002 мг/л.

Потери Cd с инфильтрационными водами из супесчаной почвы в 1-й год достигали 0,02-0,03 мг/кг почвы, или 72-79 г/га, а в последующие годы снижались до ничтожного количества, составляющего 0,01-0,04 % от внесенной дозы. На вариантах без внесения Cd, потери этого элемента не превышали 3-4 г/га, или 0,001 мг/кг почвы (табл. 3). В лизиметрах, занятых травами, имела место аналогичная закономерность, но потери Cd с инфильтрационными водами были в среднем в 2 раза меньше.

Отношение потерь Cd с инфильтрационными водами к выносу с отчуждаемой сельскохозяйственной продукцией в динамике резко изменялось.

Таким образом, внесение водорастворимой соли кадмия в дозах, соответствующих 1 и 3 ПДК, в произвесткованную почву повышало концентрацию Cd в инфильтрационных водах и его потери из почвы только в 1-й год. В дальнейшем миграция Cd из корнеобитаемого слоя резко сокращалась и существенно не отличалась от незагрязненной почвы.

Суммарное количество отчуждаемого из почвы Cd за 4 года (вымывание + вынос растениями) не превысило 2,4 % из супесчаной и 6 % из суглинистой почвы от внесенной дозы. Следовательно, очищение почвы от загрязнения её Cd в естественных условиях очень продолжительно и, как следует из полученных нами данных, может продолжаться около 200 лет.

При высоком содержании ТМ в почве уменьшается их растворимость в воде, а растения, выращенные на почве с большим загрязнением (например, ЗПДК ТМ), содержат ТМ на единицу веса меньше, чем выращенные на почве с меньшим загрязнением. Эта закономерность объясняется тем, что в соответствии с правилом произведения растворимости, растворимость веществ при добавлении в раствор одноименных ионов уменьшается. Поэтому содержание ТМ в почвенном растворе и инфильтрационных водах увеличивается не пропорционально содержанию этих ТМ в почвенном растворе.

Таблица 2 – Урожай сельскохозяйственных культур в лизиметрическом опыте, воздушно-сухая масса, г/лизиметр

Вариант	2003 г.		2004 г.		2005 г.		2006 г.		2007 г.	
	ячмень		кукуруза		овес на з.к.		оимая пшеница		овес на з.к.	
	урожай		при- бавка	уро- жай	при- бавка	уро- жай	при- бавка	урожай		при- бавка
	зерно	солома						зерно	солома	
Дерново-подзолистая супесчаная почва										
Без удобрений (контроль)	20,0	21,7	-	57	-	280	-	5,3	5,0	-
Известь по 2 г.к.	35,0	35,0	15,0	57,8	-0,8	373	92,5	18,9	15,0	13,6
Известь по 1 г.к. +NPK +1ТМ	58,3	55,0	38,3	188	131	287	6,7	33,3	58,3	28,0
Известь по 1 г.к. +NPK +3ТМ	41,7	53,3	21,7	167	110	293	13,3	31,0	18,3	25,7
Известь по 2 г.к. +NPK +3ТМ	51,7	68,3	31,7	145	87,5	347	66,7	22,1	15,0	16,8
HCP _{0,5}	10,1			22,0		15,0		13,2		23,0
Дерново-подзолистая суглинистая почва										
Без удобрений (контроль)	66,7	50,0	-	82,6	-	387	-	29,4	32,3	-
Известь по 2 г.к.	60,0	46,7	-6,7	107	23,9	417	30,0	19,7	24,0	-9,7
Известь по 1 г.к. +NPK +1ТМ	70,0	83,3	3,3	257	174	417	30,0	74,1	85,0	44,7
Известь по 1 г.к. +NPK +3ТМ	55,0	86,7	-11,7	209	126	427	40,0	39,0	18,3	9,6
Известь по 2 г.к. +NPK +3ТМ	66,7	76,7	-	212	129	400	13,3	57,3	40,0	27,9
HCP _{0,5}	10,1			27,0		34,0		25,0		22,0

Таблица 3 – Потери кадмия из корнеобитаемого слоя дерново-подзолистых почв

Вариант	Супесчаная почва				Суглинистая почва			
	1-й год		за 4 года		1-й год		за 4 года	
	г/га	мг/кг	% от внесенной дозы	г/га	мг/кг	% от внесенной дозы		
Потери с инфильтрационными водами								
Без удобрений (контроль)	4,1	5,8	0,002	-	4,5	6,1	0,002	-
Известь по 2 г.к.	3,2	4,2	0,001	-	4,3	5,1	0,002	-
Известь по 1 г.к. +NPK +1TM	72,0	81,0	0,027	0,9	11,4	16,3	0,005	0,2
Известь по 1 г.к. +NPK +3TM	79,2	82,0	0,027	0,3	21,0	27,0	0,009	0,1
Известь по 2 г.к. +NPK +3TM	12,2	16,0	0,005	0,1	14,4	23,4	0,008	0,1
HCP ₀₅								
Потери с отчуждаемой растительной продукцией								
Без удобрений (контроль)	0,8	23,1	0,008	-	1,4	12,2	0,004	-
Известь по 2 г.к.	0,8	12,3	0,004	-	1,2	15,9	0,005	-
Известь по 1 г.к. +NPK +1TM	15,6	141	0,047	1,5	11,4	514	0,171	5,7
Известь по 1 г.к. +NPK +3TM	15,0	381	0,127	1,4	10,0	317	0,106	1,2
Известь по 2 г.к. +NPK +3TM	10,4	503	0,168	1,8	13,4	698	0,232	2,6
HCP ₀₅								

Результаты 4-х лет лизиметрических исследований показали, что известкование дерново-подзолистых почв различного гранулометрического состава способствовало снижению попадания ТМ в грунтовые воды и растения, поэтому при известковании почв замедляется естественный процесс очищения почвы, так как ТМ образуют с кальцием малорастворимые комплексы. Процесс очищения загрязненных почв Cd за счет естественных процессов (выноса урожаем и вымывания с инфильтрационными водами) протекает очень медленно.

В опыте проводили учет просочившихся через слой почвы осадков. В фильтратах определяли концентрацию элементов питания (мг/литр) и рассчитывали их потери (кг/га). Концентрация элементов в водах зависит от выращиваемой культуры, срока ее вегетации, степени удобренности почвы, известкования, загрязненности ее ТМ. Учет вод под каждой культурой проводили в 3 срока. Так, в фазу всходов ячменя концентрация Са на чистых почвах контроля укладывалась в допустимые нормы и составляла 35-45 мг/л в водах из супесчаной почвы и 50-55 мг/л – из суглинистой (табл. 4).

Таблица 4 – Концентрация кальция и магния в лизиметрических водах под ячменем (мг/литр)

Вариант опыта	Периоды отбора проб					
	всходы		калошение		конец фильтрации	
	Са	Mg	Са	Mg	Са	Mg
Дерново-подзолистая супесчаная почва						
Без удобрений (контроль)	35	6	20	4	35	5
Известь по 2 г.к.	45	7	25	6	28	5
Известь по 1 г.к. +NPK +1ТМ	53	10	165	30	310	60
Известь по 1 г.к. +NPK +3ТМ	55	10	510	64	750	140
Известь по 2 г.к. +NPK +3ТМ	65	8	800	88	725	84
Дерново-подзолистая суглинистая почва						
Без удобрений (контроль)	50	8	15	6	25	4
Известь по 2 г.к.	55	10	25	6	40	4
Известь по 1 г.к. +NPK +1ТМ	45	8	100	20	198	32
Известь по 1 г.к. +NPK +3ТМ	135	23	355	50	775	105
Известь по 2 г.к. +NPK +3ТМ	105	13	600	71	1000	120

Наложение токсической нагрузки на почву приводило к дальнейшему увеличению концентрации Са, и, особенно в водах из суглинистой почвы, она достигала 105-135 мг/л. На более высоком уровне загрязнения концентрация Са выходила за границу допустимых норм и особенно на супесчаной почве – 135 мг/л. Концентрация Mg в этот период не выходила за пределы допустимых значений и составляла на низком уровне загрязнения обеих почв 8-10 мг/л и на высоком уровне – 10-23 мг/л. Осеню на менее загрязненных ТМ почвах концентрация в водах из супесчаной почвы составляла 310 мгСа/л и 60 мгMg /л, а из суглинистой – 198 мгСа /л и 32 мг/л магния. На загрязненных вариантах по 3 ПДК концентрация Са из супесчаной почвы достигала 725-750 мг/л Са и 84-140 Mg, а из суглинистой почвы – 775-1000 мг/л Са и 105-120 мг/л Mg. Таким образом, наибольшие концентрации элементов питания в лизиметрических водах из загрязненных ТМ произвесткованных почв зафиксированы в осенне-зимний период.

МИГРАЦИЯ КАДМИЯ, КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ...

В фазу всходов кукурузы концентрация Са на чистых почвах контроля и с внесением извести превышала нормативы и составляла на супесчаных почвах 90-75 мг/литр и из суглинистых почв – 125-85 мг/литр (табл. 5).

Таблица 5 – Концентрация элементов питания под кукурузой (мг/литр)

Варианты	Начало фильтрации – всходы		Начало появление метелок		Конец фильтрации	
	Са	Mg	Са	Mg	Са	Mg
Дерново-подзолистая супесчаная почва						
Без удобрений (контроль)	70	11	165	30	88	15
Известь по 2 г.к.	90	16	225	40	123	24
Известь по 1 г.к.+NPK +1 ТМ	115	20	385	54	110	22
Известь по 1 г.к.+NPK +3 ТМ	218	37	525	65	305	57
Известь по 2 г.к.+NPK +3 ТМ	260	48	750	170	388	65
Дерново-подзолистая суглинистая почва						
Без удобрений (контроль)	85	14	100	20	73	13
Известь по 2 г.к.	125	19	135	21	128	23
Известь по 1 г.к.+NPK +1 ТМ	245	35	190	28	320	41
Известь по 1 г.к.+NPK +3 ТМ	278	41	280	32	380	39
Известь по 2 г.к.+NPK +3 ТМ	365	50	775	155	438	57
HCP _{0,5}						

Загрязнение почв послужило фактором, усугубившим потери Са, особенно в водах из суглинистой почвы, потери достигали 245-278 мг/л. Концентрация Mg в этот период на вариантах с загрязнением почв достигала на низком уровне загрязнения обеих почв 35 мг/л и на высоком уровне – 37-50 мг/л. Осенью на менее загрязненных ТМ почвах концентрация Са в водах из супесчаной почвы составляла 110 мг /л и 22 мгMg /л, а из суглинистой – 320 мгСа /л и 41 мгMg/л. На загрязненных вариантах по 3 ПДК концентрация Са из супесчаной почвы достигала 388-305 мг/л Са и 65-57 Mg, а из суглинистой почвы – 380-438 мг/л Са и 39-57 мг/л Mg.

В таблице 6 представлены потери элементов питания с инфильтрацией в сумме за 4 года севооборота: потери элементов зависят от их концентрации в водах и условий увлажнения, г.о. количества просочившихся осадков через слой почвы, возделываемой культуры.

Таблица 6 – Потери кальция и магния с инфильтрацией в сумме за 4 года севооборота

№ п/п	Варианты опыта	Суммарные потери элементов, кг/га	
		Са	Mg
Дерново-подзолистая супесчаная почва			
1	Без удобрений (контроль)	99,1	23,8
2	Известь по 2 г.к.	109,5	25,1
3	Известь по 1 г.к.+NPK +1 ТМ	362,5	75,6
4	Известь по 1 г.к.+NPK +3 ТМ	798,3	150,4
5	Известь по 2 г.к.+NPK +3 ТМ	901,7	158,3
Дерново-подзолистая суглинистая почва			
1	Без удобрений (контроль)	111,6	22,5
2	Известь по 2 г.к.	134,4	24,8
3	Известь по 1 г.к.+NPK +1 ТМ	338,8	46,6
4	Известь по 1 г.к.+NPK +3 ТМ	671,8	79,5
5	Известь по 2 г.к.+NPK +3 ТМ	758,1	117,9

В течение календарного года количество потерь элементов под каждой культурой севооборота было неравномерно. Максимальные потери происходили в осенне-зимний период, минимальные – летом во время вегетации культур. На чистых почвах абсолютного контроля на обеих дерново-подзолистых почвах потери элементов питания в сумме за 4 года были минимальными и составляли из супесчаной почвы – 99,1 кг/га Ca и 23,8 кг/га Mg. Потери за 4 года из чистого контроля суглинистой почвы были немного выше – 111,6 кг/га Ca и 22,5 кг/га Mg. Внесение извести увеличило потери элементов с инфильтрацией – соответственно почвам – 109,5 кг/га Ca и 25,1 кг/га Mg и 134,4 кг/га Ca и 24,8 кг/га Mg. Известкование загрязненных ТМ почв и внесение минеральных удобрений способствовало значительному увеличению вымывания Ca с инфильтрационными водами. Максимальное количество Ca вымывалось в сумме за 4 года из супесчаной почвы с максимальным загрязнением ТМ и внесением извести – 901,7 кг/га, потери Mg составляли 158,3 кг/га. Анализ форм кальция в почвах опыта за 4 года показывает, что вымывание Ca из почвы влечет за собой снижение содержания, прежде всего, обменных его форм. С течением времени в обеих дерново-подзолистых почвах происходило также снижение и валового кальция и тем в больших количествах, чем сильнее загрязнение почв ТМ. Баланс валовых форм кальция в почвах опыта отрицательный, что в дальнейшем приведет к деструктуризации почвы и снижению ее аэрации.

В опыте проводили контроль над изменением агрохимических показателей почвы. Данные свидетельствуют о том, что внесение извести в дозах по 1-2 г.к. способствовало поддержанию pH почв на уровне 6,3-6,7, несмотря на высокую степень загрязнения и достаточно большие потери оснований с инфильтрацией атмосферных осадков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добровольский Г.В., Гришина Г.А. Охрана почв. – М. : Изд-во МГУ, 1985. – 224 с.
2. Добровольский Г.В. Тяжелые металлы: загрязнение окружающей среды и глобальная геохимия. Тяжелые металлы в окружающей среде. – М. : Изд-во МГУ, 1980. – С. 3 – 12.
3. Минеев В.Г. Проблема тяжелых металлов в современном земледелии // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. – М., 1994. – С. 5 – 11.
4. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение / Овчаренко М.М., Шильников И.А., Вендило Г.Г. [и др.]. – М., 1997. – 290 с.

ПРОБЛЕМА ТЕРМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

© **O.A. Логвина**, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **Н.Я. Бубнова**, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **А.А. Горячева**, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **Ю.О. Логвин**, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **А.О. Мызников**, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)

PROBLEM THERMAL POLLUTION

© **O.A. Logvin**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© **N.Ya. Bubnowa**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© **A.A. Goryacheva**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© **Y.O. Logwin**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© **A.O. Myznikov**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

В статье обосновывается необходимость серьёзного изучения проблемы термального загрязнения среды и использования методов интервальной алгебры и других методов интервальной математики в процессе решения сложных задач современной экологической науки.

Ключевые слова: тепловое загрязнение, экономический ущерб, интервальные числа, важные параметры.

The article explains the need for a serious study of the problem of thermal pollution and the use of methods of interval algebra, and other methods of interval mathematics in solving complex problems of modern ecological science.

Key words: Thermal pollution, economic loss, interval number of important parameters.

E-mail: Olga_kr@list.ru

Проблема сохранения качества воды является на данный момент самой актуальной. Науке известно более 2,5 тыс. загрязнителей природных вод. Это пагубно влияет на здоровье населения и ведет к гибели рыб, водоплавающих птиц и других животных, а также к гибели растительного мира водоёмов. При этом, для водных экосистем опасны не только ядовитые химические и нефтяные загрязнения, избыток органических и минеральных веществ, поступающих со смывом удобрений с полей. Очень важным аспектом загрязнения водного бассейна Земли является тепловое загрязнение.

Тепловое загрязнение – тип физического (чаще антропогенного) загрязнения окружающей среды, характеризующийся увеличением температуры выше естественного уровня. Основные источники теплового загрязне-

ния – выбросы в атмосферу нагретых отработанных газов и воздуха, сброс в водоемы нагретых сточных вод электростанций, которые используют воду в качестве теплоносителя.

Тепловое загрязнение представляет собой сброс подогретой воды с промышленных предприятий и тепловых электростанций в реки и озера. Большая часть энергии топлива, которая не может быть превращена в электричество, теряется в виде тепла. Выброс этого тепла в атмосферу является наиболее простым способом избавления от него. Но более экономичный путь состоит в использовании в качестве охладителя воды с её способностью аккумулировать огромное количество тепла с незначительным повышением собственной температуры, чтобы затем она сама постепенно отдавала тепло в воздух. После того как вода была использована в качестве охлаждающей жидкости, она возвращается в окружающую среду при более высокой температуре.

Серьёзной экологической проблемой является то, что обычным способом использования воды для поглощения тепла является прямая прокачка пресной озерной или речной воды через охладитель и затем возвращение её в естественные водоёмы без предварительного охлаждения.

Так, электростанции могут повышать температуру воды по сравнению с окружающей на 5-15 °C. Если температура воды в водоёме составляет 16 °C, то температура отработанной на станции воды может колебаться от 22 до 28 °C. В летний период она может достигать 30-36 °C.

Даже температурные колебания до 1-2 °C могут привести к значительным изменениям в обмене веществ организма и другим неблагоприятным изменениям клеточной биологии.

Основные негативные изменения могут включать в себя снижение проницаемости клеточных стенок, изменение фермента метаболизма и пр. Эти эффекты клеточного уровня могут отрицательно повлиять на смертность и воспроизводство.

Повышение температуры в водоёмах пагубно влияет на жизнь водных организмов. В течение длительной эволюции холоднокровные обитатели водной среды приспособились к определённому интервалу температур. Для каждого вида существует температурный оптимум, который на определённых стадиях жизненного цикла может несколько изменяться. В известных пределах эти организмы способны приспосабливаться к жизни при более высоких или более низких температурах. Если организм живет в условиях самых высоких температур присущего ему интервала, он настолько к ним приспособивается, что гибель его может наступать при температурах несколько более высоких, чем для организма, постоянно живущего в условиях более низких температур.

Это изменение температуры воды уменьшает количество кислорода в воде, что в свою очередь может привести ко многим негативным экологическим последствиям. Снижение уровня кислорода в воде может нанести вред популяции рыб, например, оно может увеличить скорость метabolизма рыб и других водных животных, из-за чего они будут съедать гораздо

ПРОБЛЕМА ТЕРМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

больше пищи в более короткие сроки, чем если бы их среда не была изменена. Это может привести к дисбалансу в пищевой цепи, который вызовет значительное повреждение многих водных экосистем.

Большая часть водных организмов быстрее приспосабливается к жизни в более тёплой воде, нежели в более холодной. Однако эта способность к адаптации не имеет абсолютных максимальных или минимальных пределов и меняется в зависимости от вида.

Промышленность не всегда возвращает воду при более высоких температурах, иногда она может вернуться в свою природную среду при низких температурах. Холодная вода может иметь еще более серьезные последствия для популяции рыб, чем теплая, так как это может полностью подорвать их способность к воспроизведению.

Так, было несколько случаев по всему миру, когда холодная вода вызвала полное исчезновение местных видов рыб, что привело к резким изменениям в этих экосистемах.

В естественных условиях при медленных повышениях или понижениях температур рыбы и другие водные организмы постепенно приспосабливаются к изменениям температуры окружающей среды. Но если в результате сброса в реки и озёра горячих стоков с промышленных предприятий быстро устанавливается новый температурный режим, времени для акклиматизации не хватает, живые организмы получают тепловой шок и погибают.

Тепловой шок – это крайний результат теплового загрязнения. Результатом сброса в водоёмы нагретых стоков могут быть иные, более коварные последствия. Одним из них является влияние на процессы обмена веществ. Согласно закону Ван Хоффа, скорость химической реакции удваивается с увеличением температуры на каждые 10°C . Поскольку температура тела холоднокровных организмов регулируется температурой окружающей водной среды, повышение температуры воды усиливает скорость обмена веществ у рыб и водных беспозвоночных. В свою очередь это повышает их потребность в кислороде. В то же самое время, в результате повышения температуры воды содержание в ней кислорода падает. Возросшая потребность в кислороде и, одновременно, его нехватка в водной среде вызывают жестокий физиологический стресс и даже смерть. В летнее время повышение температуры воды всего на несколько градусов может вызывать 100%-ую гибель рыб и беспозвоночных, особенно тех, которые обитают у верхних границ температурного интервала.

Искусственное подогревание воды может существенно изменить и поведение рыб – вызвать несвоевременный нерест, нарушить миграцию. Если разрушающая сила электростанций превышает способность видов к самовосстановлению, популяция приходит в упадок.

Повышение температуры воды способно нарушить и структуру растительного мира водоёмов. Характерные для холодной воды водоросли заменяются более теплолюбивыми и, наконец, при длительных высоких температурах полностью ими вытесняются.

Повышение температуры воды может привести к проблемам воспроизводства для многих водных животных, росту бактерий и растений, цветению водорослей, в результате которого количество кислорода в воде станет ещё меньше. Так, аномально жаркая погода лета 2010 года спровоцировала интенсивный рост зелёных водорослей в пензенских озерах, прудах и Сурском водохранилище. Цветение сказалось на качестве воды.

Точный расчет теплового загрязнения окружающей среды и его контроль включают анализ многих параметров и учет многих взаимосвязанных процессов, вызванных техногенной деятельностью современного общества. В настоящее время эта проблема в полной мере не решена.

Эффективность природоохранных мероприятий можно представить

$$\text{в виде отношения: } y = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta\sigma}{C}, \text{ где } \Delta\sigma - \text{уменьшение экономического ущер-}$$

ба в результате снижения степени загрязнений; C – приведённые годовые затраты на осуществление природоохранных мероприятий.

Под суммарным уменьшением экономического ущерба в результате снижения или полного устранения теплового загрязнения естественных водоёмов подразумевается денежная оценка увеличения продуктивности хозяйства, уменьшение затрат на ликвидацию последствий загрязнений, в частности на очистку водоёмов от избыточной и отмирающей биомассы.

Также уменьшением экономического ущерба можно было бы считать уменьшение суммы штрафных санкций, накладываемых государством на предприятия, загрязняющие окружающую среду. Однако этот аспект очень редко играет решающую роль, поскольку, несмотря на то, что природоохранное законодательство Российской Федерации на данный момент является довольно обширным и разносторонним, на практике оно действует недостаточно эффективно. Причин этому много, но одной из важнейших является несоответствие тяжести наказания тяжести преступления, в частности низкие ставки взимаемых штрафов.

Уголовная ответственность и возмещение нанесённого ущерба применяются очень редко. Да и невозможно этот ущерб полностью возместить, так как часто он достигает огромных размеров или вообще не поддаётся денежному измерению.

Рассмотрим другой аспект проблемы проведения природоохранных мероприятий, то есть приведённые затраты на их осуществление.

Приведённые затраты складываются из текущих затрат на содержание природоохранного оборудования и капитальных затрат на строительство сооружений и покупку природоохранного оборудования. Однако поскольку оборудование и сооружения функционируют не один год, то и общую величину капитальных затрат приводят к годовой размерности с помощью нормативного коэффициента эффективности. Формула приведённых

ПРОБЛЕМА ТЕРМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

затрат выглядит следующим образом: $C = \bar{N} + \bar{E} + A_j$, где \bar{N} – текущие затраты, \bar{E} – капитальные затраты, A_j – нормативный коэффициент эффективности, который обычно равен 0,12.

Однако такого рода расчеты довольно сложны в части определения ущерба от загрязнения окружающей среды и величины её предотвращения. Как правило, они используются на уровне регионов или отраслей народного хозяйства.

Природоохранные мероприятия, направленные на устранение теплового загрязнения электростанциями, требуют больших средств, например, если на электростанции устанавливается испаряющая циркуляционная сухая колонна, то приведённые затраты на её строительство и содержание будут составлять около 30 % стоимости всего оборудования. Особенность проблемы заключается в том, что весь энергетический комплекс, и, в частности, тепловые электростанции, входит в государственный сектор экономики. Следовательно, средства на природоохранную деятельность можно получить только из государственного или муниципального бюджета. Но, к сожалению, затраты на охрану окружающей среды стоят в этих бюджетах отнюдь не первой строкой.

В нашей стране на данный момент все затраты на природоохранную деятельность составляют менее 1 % валового национального продукта. В то время как сумма ущерба соответствует приблизительно 8-9 % ВНП.

Между тем для достижения экономического оптимума, то есть наилучшего соотношения затрат и результатов, эти суммы должны быть равны друг другу; а для достижения экологического оптимума, когда уровень загрязнения окружающей среды находится в пределах ПДК (в случае теплового загрязнения – предельно допустимой температуры воды, спускаемой в водоём), затраты должны быть такими, чтобы ущерба не возникало вообще.

Если экономические задачи в экологии вполне возможно решать с использованием традиционного понятия числа, то в случае рассмотрения состояния экологической системы этого часто бывает недостаточно.

Задачи, решаемые современной экологической наукой, усложняются неопределенностью изучаемых систем, в связи с чем понятие математического числа пришлось расширить. Для описания природных и техногенных процессов загрязнения окружающей среды можно использовать один из трёх типов неопределенных чисел: случайные, нечеткие и интервальные.

Случайные числа задаются некоторыми вероятностными распределениями их возможных значений. Нечеткие числа задаются лингвистически сформулированными распределениями их возможных значений.

Однако в экологии многие величины задаются границами их изменения, поэтому для описания экологических процессов более всего подойдут интервальные числа, которые задаются интервалами их возможных значений без указания какого-либо распределения возможных значений числа внутри заданного интервала. Очевидно, что интервальные числа содержат минимальную информацию о неопределенном числе, которую проще всего получить экспериментально.

Любое интервальное число может быть записано в виде некоторого замкнутого вещественного интервала $\tilde{a} = [a_1, a_2]$. Таким образом, некоторое нормативное значение может быть задано интервальным числом. Например, если непосредственно под ледовым покровом вода Байкала близка к 0°C и обычно не превышает $0,1\text{--}0,2^{\circ}\text{C}$, то её значение может быть задано как $\tilde{a} = [0,1; 0,2]$.

Плотность дистиллированной воды максимальна при нормальном атмосферном давлении и при температуре $3,982^{\circ}\text{C}$. В Байкале вода слабо минерализована и по своим физическим свойствам близка к дистиллированной, поэтому принято считать, что ее максимальная плотность наступает при температуре 4°C . Это означает, что дистиллированной можно считать воду, плотность которой максимальна при нормальном атмосферном давлении, колеблющемся в некоторых пределах, например, $\tilde{n} = [3,8; 4,2]$, что будет более соответствовать реальным значениям.

Однако большинство значений таких важных параметров, как температура среды, ее плотность, вязкость, химический состав, сильно различаются в зависимости от рассматриваемого времени года. Это делает необходимым рассмотрение даже усредненных данных отдельно по месяцам или другим временным интервалам.

Тогда, например, нормальная для данного объекта температура в течение каждого месяца (или другого выбранного временного интервала) может рассматриваться как интервальное число. В результате мы имеем несколько независимых числовых интервалов вида $\tilde{a}_1 = [x_1, y_1]$, $\tilde{a}_2 = [x_2, y_2]$, ..., $\tilde{a}_{12} = [x_{12}, y_{12}]$. Если реальная температура среды в течение каждого месяца изменяется в других пределах, мы можем рассматривать \tilde{a}_1 , \tilde{a}_2 , ..., \tilde{a}_{12} как некоторые переменные параметры, от которых зависит состояние окружающей среды.

В таком случае замена характерных для холодной воды водорослей более теплолюбивыми, рост зелёных водорослей, другие последствия изменения теплового режима становится функцией перечисленных параметров.

$$\tilde{v} = F(\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \dots, \tilde{a}_{12}) \equiv \{f(a_1, a_2, \dots, a_{12}) / a_1 \in \tilde{a}_1, a_2 \in \tilde{a}_2, \dots, a_{12} \in \tilde{a}_{12}\},$$

где $\tilde{a}_1 = [x_1, y_1]$, $\tilde{a}_2 = [x_2, y_2]$, ..., $\tilde{a}_{12} = [x_{12}, y_{12}]$.

Таким образом, мы видим, что интервальная алгебра дает средства для решения простейших задач изучения неопределенных систем. К сожалению, в настоящее время проблема теплового загрязнения среды по-прежнему не вызывает достаточного общественного резонанса и в большинстве случаев даже не упоминается при обсуждении общей проблемы загрязнения воды.

Использование методов интервальной алгебры и других методов интервальной математики позволит решать и более сложные задачи изучения

ПРОБЛЕМА ТЕРМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

неопределенных систем. Это значительно расширяет наши возможности в описании состояния среды и прогнозирования его дальнейшего изменения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марчук Г.И. *Математическое моделирование в проблеме окружающей среды*. – М. : Наука, 1982. – 320 с.
2. Добронец Б.С. *Интервальная математика*. – Красноярск : Издательство КГУ, 2004.
3. Крючкова (Логвина) О.А., Логвин А.М., Марьин В.К. *Применение математических методов в экологии // Опыт и проблемы экологического образования и воспитания : Материалы Всеросс. НПК*. – Пенза : ПТИ, 1999. – С. 27.
4. Крючкова (Логвина) О.А., Полякова И.Н., Логвин А.М., Сельмаева И.В. *О комплексном подходе в оценке экологической опасности регионов // Экологическая безопасность регионов России : Материалы межрегионального пост. действующего сем*. – Пенза : ПТИ, 1999. – С. 84.
5. Левин В.И. *Моделирование задач оптимизации в условиях интервальной неопределенности // Известия Пензенского педагогического ун-та*. – Пенза. – 2011. – Т. 26. – (Физико-математические и технические науки).

УДК 57.047

ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

- © Е.А. Парфенова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)
- © С.Ю. Ефремова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

PARAMETERS OF THE BIOLOGICAL CONDITION OF GREY FOREST SOILS IN DIAGNOSTICS OF POLLUTION BY ITS HEAVY METALS

- © E.A. Parfenova, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)
- © S.U. Efremova, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

Статья посвящена изучению влияния загрязнения почв тяжелыми металлами на биологическую активность почв. Показана возможность использования показателей ферментативной активности серой лесной почвы для оценки экологического состояния.

Ключевые слова: загрязнение почв, тяжелые металлы, ферментативная активность почв, биоиндикация.

Article is devoted to studying of influence of soil pollution by heavy metals on soil biological activity. The possibility of use of parameters enzymatic activity is shown of grey forest soil for an assessment of an ecological condition.

Key words: soil pollution, heavy metals, enzymatic activity of soil, bioindication.

Почва, являясь неотъемлемой частью экосистемы, определяет биологический баланс и равновесие в сложной биологической системе. Проблема загрязнения почв имеет высокий приоритет, так как является системообразующим фактором изменений устойчивости экосистем и может служить индикатором изменения равновесия внутри системы.

Выбросы основных источников загрязнения окружающей среды – промышленности, автомобильного и железнодорожного транспорта – оказывают негативное воздействие на почву, а постоянное поступление загрязняющих веществ от них даже в малых количествах может привести к постоянному накоплению тяжелых металлов в почве [3].

Наиболее опасными загрязняющими веществами в составе выбросов являются тяжелые металлы, которые в большей степени аккумулируются в почве, вызывая изменение функциональной и биохимической активности биоты, которое в свою очередь может служить индикатором изменения экологической ситуации в целом.

Биологическая активность почв позволяет определить характер и степень антропогенного воздействия на почвенный покров. Это делает возможным оценить негативные процессы, происходящие при антропогенезе и предотвратить снижение плодородия почв.

Общие закономерности изменений биологических свойств почвы по мере возрастания в ней содержания загрязняющих веществ сформулированы рядом авторов на основе экспериментальных материалов [1, 5]. В последнее время важное значение придается изучению изменения активности почвенных ферментов под влиянием различных антропогенных воздействий [2, 4].

Высокие концентрации тяжелых металлов тормозят ферментативную деятельность в почвах – активность амилазы, дегидрогеназы, уреазы, инвертазы, каталазы. Однако токсичность тяжелых металлов неодинаково проявляется по отношению к различным ферментам [3, 4].

В связи с этим **целью** исследования явилось выявление и обоснование использования биологических показателей экологического состояния серых лесных почв при оценке воздействия загрязнения тяжелыми металлами (Pb, Cu, Ni, Cd, Zn), биомониторинге и биодиагностике почв.

Объектом исследования были выбраны серые лесные почвы. Отбор проб почв проводился в районах влияния транспортно-промышленного комплекса и на естественных ландшафтах.

Изучение ферментативной активности серых лесных почв (2006 – 2009 гг.) показало, что антропогенное влияние приводило к ингибированию её активности. Обнаружено снижение активности каталазы на 54,6 %, уреазы – на 37,5 %; протеазы – на 35,7 %; инвертазы – на 24 % по сравнению с серыми лесными почвами такого же химического состава, не испытывающими техногенного прессинга.

Анализ полученных данных показал, что активность каталазы оказалась наиболее чувствительной к загрязнению (рис. 1).

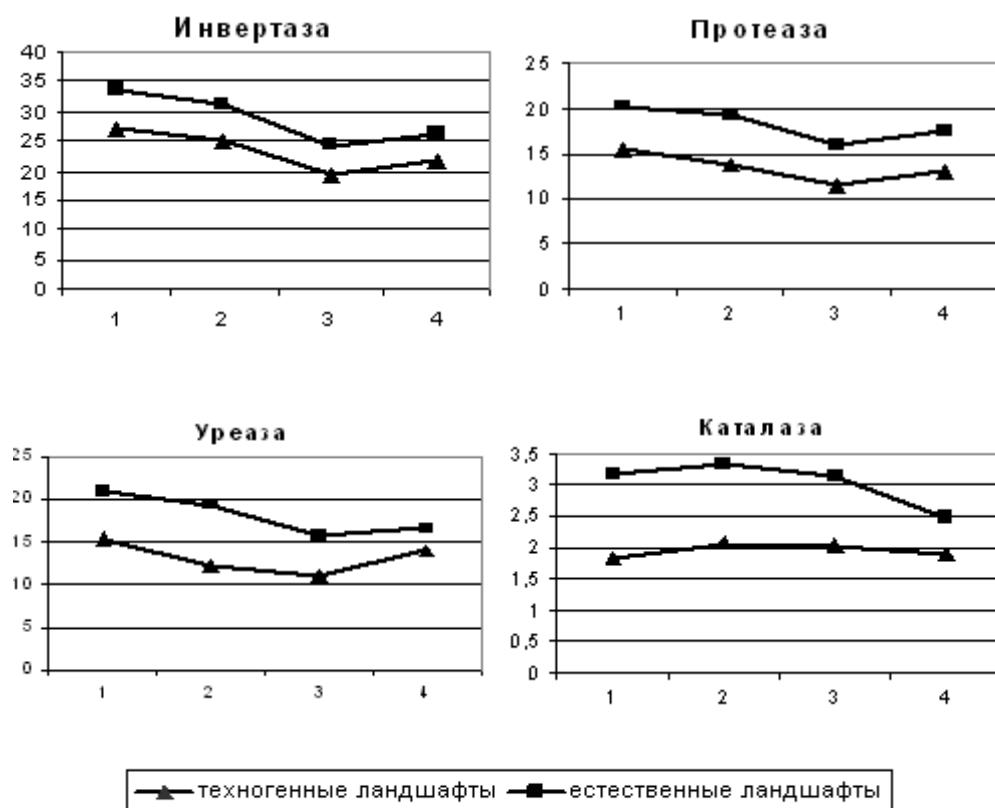


Рисунок 1 – Ферментативная активность серых лесных почв:

1 – 2006 г., 2 – 2007 г., 3 – 2008 г., 4 – 2009 г.;

инвертаза – мг глюкозы на 100 г почвы, каталаза – в мл 0,1 Н $KMnO_4$,

протеаза – в мкмоль лейцина на 1 г почвы, уреаза – мг NH_4
на 100 г почвы за 20 ч

С учетом того, что в почве аккумулируется не один, а несколько металлов, рассчитаны показатели суммарного загрязнения почв и была рассмотрена связь активности ферментов с этими показателями.

Коэффициенты, полученные в результате корреляционного анализа их связи, подтверждают достоверность полученных результатов исследования серой лесной почвы (табл. 1). Установлены связи ферментативной активности почв с показателем суммарного загрязнения серых лесных почв, которые подтверждают возможность использования показателей активности почвенных ферментов в индикации загрязнения почв тяжелыми металлами.

Таблица 1 – Уравнения зависимости показателя суммарного загрязнения Z_c и активности почвенных ферментов

Инвертаза	$y = -5,4091x^2 + 128,88x - 741,89$	$R = 0,53$
Протеаза	$y = -3,1446x^2 + 75,412x - 437,06$	$R = 0,67$
Уреаза	$y = -3,2913x^2 + 80,109x - 472,17$	$R = 0,88$
Каталаза	$y = 0,1989x^2 - 4,8594x + 31,499$	$R = 0,98$

По степени устойчивости к загрязнению тяжелыми металлами почвенные ферменты располагаются следующим образом: каталаза > уреаза > протеаза > инвертаза.

Таким образом, установленные закономерности подтверждают целесообразность использования показателей ферментативной активности почв в качестве диагностических показателей экологического состояния почв и позволяют использовать данные закономерности при первоначальной оценке, составлении карт геохимического загрязнения территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гузев В.С. Перспективы эколого-микробиологической экспертизы состояния почв при антропогенных воздействиях / В.С. Гузев, С.В. Левин // Почвоведение. – 1991. – № 9. – С. 50 – 62.
2. Колесников С.И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков // Экология. – 2004. – № 3. – С. 193 – 201.
3. Левин С.В. Тяжелые металлы как фактор антропогенного воздействия на почвенную микробиоту / С.В. Левин, В.С. Гузев, И.В. Асеева [и др.] // Микроорганизмы и охрана почв. – М. : Изд-во МГУ, 1989. – С. 5 – 46.
4. Хазиев Ф.Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв. – М. : Наука, 1982. – 202 с.
5. Шаркова С.Ю. Воздействие ТМ на почвенную микрофлору / С.Ю. Шаркова, Е.В. Надежкина // Плодородие : Научно-практический журнал. – М. : МЦНТИ, 2007. – № 4. – С. 40.

УДК 57.045:57.042

НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИРОДНЫХ И АГРОГЕННЫХ ТРАВЯНИСТЫХ ЭКОСИСТЕМ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

© **N.A. Романцова**, ФГБУ “Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН” (г. Москва, Россия)

© **T.A. Парамонова**, Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва, Россия)

ACCUMULATION OF CAESIUM-137 IN NATURAL AND AGRICULTURAL GRASS ECOSYSTEMS ON RADIOACTIVE CONTAMINATED TERRITORY OF TULA REGION

© **N.A. Romantsova**, FGBU “Institute of Global Climate and Ecology by Hydrometeorology and RAN” (Moscow, Russia)

© **T.A. Paramonova**, Soil Science Department of Moscow Lomonosov University (Moscow, Russia)

НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИРОДНЫХ...

Исследование накопления ^{137}Cs в фитомассе основных агрофитоценозов полевого севооборота (пшеница, ячмень, картофель), а также природных луговых фитоценозов Плавского радиоактивного пятна Тульской области показало, что при плотности поверхностного загрязнения почв $\sim 200\text{-}430 \text{ кБк}/\text{м}^2$ ($5\text{-}12 \text{ Ки}/\text{км}^2$) надземные части растений накапливают $0,01\text{-}0,02 \text{ кБк}/\text{м}^2$, а подземные – $0,1\text{-}3,3 \text{ кБк}/\text{м}^2$. Аккумуляция ^{137}Cs в фитомассе зависит от биологических особенностей растительности, а также находится в прямой корреляции с параметрами накопления радионуклидов в почвах.

Ключевые слова: цезий-137, радионуклиды, радиоактивное загрязнение почв, миграция в системе “почва – растение”.

The investigation of accumulation levels of ^{137}Cs in biomass of main field crop rotation cultures (wheat, barley, potato) and of meadow ecosystems in “Plavsk radioactive spot” of Tula region demonstrated that at density of radioactive pollution of soils $\sim 200\text{-}430 \text{ kBq}/\text{m}^2$ ($5\text{-}12 \text{ Ki}/\text{km}^2$) green parts of plants accumulate $0,01\text{-}0,02 \text{ kBq}/\text{m}^2$, and underground parts – $0,1\text{-}3,3 \text{ kBq}/\text{m}^2$. Accumulation ^{137}Cs in biomass depends on biological features of vegetation, and also is in close direct dependence with accumulation of ^{137}Cs in soils.

Key words: cesium-137, radionuclide, radioactive contamination of soil, migration in “soil-plant” system.

E-mail: nata.romantsova@gmail.com

В условиях напряженной экологической ситуации, складывающейся в мире, одной из наиболее актуальных проблем является загрязнение наземных экосистем радионуклидами. Так, в результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году на Европейской части России сформировался обширный регион с плотностью загрязнения почв радиоцезием $>1 \text{ Ки}/\text{км}^2$ ($37 \text{ кБк}/\text{м}^2$), площадь которого составила более 15 млн. га [1]. Наибольшие уровни радиоактивного загрязнения пришлись при этом на территории Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, плодородные почвы которых интенсивно использовались и продолжают использоваться в сельском хозяйстве. В этой связи аварию на Чернобыльской АЭС можно с полным правом классифицировать как экологически тяжелую для сельского хозяйства [8].

Среди “чернобыльских” радионуклидов наиболее экологически значимым при рассмотрении последствий радиоактивного загрязнения является ^{137}Cs – массово поступивший в наземные экосистемы долгоживущий радиоизотоп (период полураспада ≈ 30 лет), которыйочно фиксируется в почве и активно мигрирует в системе “почва – растение”. Прогнозные оценки показывают, что загрязненные радиоцезием районы европейской части России будут сохранять свой статус вплоть до середины XXI века, а наиболее пораженные участки в их пределах – до конца столетия [4].

Долговременность создаваемого ^{137}Cs загрязнения почв, а также возможность его распространения по пищевым цепочкам, конечным потребителям в которых является человек, определяют сохраняющуюся актуальность проведения радиоэкологического контроля на пораженных территориях, а также поиск закономерностей распределения радионуклида по компонентам окружающей среды. В частности, особому вниманию подлежит оценка миграции ^{137}Cs в системе “почва – растение” на пахотных, сенокосных и пастбищных угодьях радиоактивно загрязненных земель. При этом к насто-

ящему времени (более 25-ти лет после чернобыльской аварии) сформировались относительно устойчивые биогеохимические циклы элемента. Они во многом определяются биологическими особенностями растений – особенностями семейств и видов, стадией онтогенеза, величиной биологической продуктивности и т.д. [8, 9].

Основной ореол загрязнения в Тульской области получил название Плавского радиоактивного пятна. В первые годы после Чернобыльской аварии плотность поверхностного загрязнения почв радиоцезием достигала здесь 5-15 КИ/км²[1]. В настоящее время в районе сохраняется напряженная радиоэкологическая обстановка. По данным Государственного экологического надзора, значения мощности экспозиционной дозы внешнего гамма-излучения в г. Плавск составляют ~0,3 мкЗв/час при норме ~0,1 мкЗв/час [2, 3].

Для выяснения экологической значимости современных уровней аккумуляции ¹³⁷Cs в компонентах почвенного и растительного покрова Плавского радиоактивного пятна проводилось определение его содержания в агрофитоценозах основных культур полевого севооборота (яровая пшеница сорта Мис, яровой ячмень сорта Нур, картофель Журавлинка) и в природных луговых фитоценозах: злаково-разнотравного суходольного луга (используемого как пастбище) и влажного разнотравно-злакового пойменного луга р. Локна (травостой которого может подвергаться сенокошению). Агрофитоценозы зерновых и пропашных культур располагались на возвышенной и относительно расположенной части водораздельной поверхности, что определяет их принадлежность к элювиальному ландшафту. Природные фитоценозы в районе проведения работ встречаются на неудобных для пахоты местах. Это либо нижние части склонов, либо депрессии рельефа. Так, фитоценоз суходольного луга располагался в нижней присклоновой части водораздела и был приурочен к транзитно-аккумулятивному ландшафту. Влажный луг находился в пойме реки Локна и был приурочен к аккумулятивному ландшафту. В совокупности участки пробоотбора образуют катену косвенного геохимического сопряжения. Почвенные компоненты катены представлены черноземами выщелоченными и аллювиальными луговыми карбонатными почвами.

Надземную часть фитомассы определяли методом сплошных укосов с площадок 50x50 см, подземную отмывали из монолитов почв с площадью сечения 25x25 см и глубиной 30 см (основной корнеобитаемый слой). Одновременно на каждой площадке отбирались образцы почв с глубины 0-30 см. Все исследования проводились в 4-кратной повторности. Определение содержания ¹³⁷Cs в почвах и растительности проводилось на сцинтилляционном гамма-спектрометре с обработкой амплитудного спектра импульсов с помощью программы ПРОГРЕСС. Относительная погрешность определения удельной активности радионуклидов составляла 10-45 %.

Оценка запасов фитомассы в различных природных и агрофитоценозах исследованной территории, проведенная в августе 2011 г., показала, что общая биопродуктивность естественных фитоценозов в 2-4 раза выше, чем у сельскохозяйственных культур (табл. 1). При этом 80-90 % фитомассы луговой растительности относится к подземной части и преимущественно пред-

НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИРОДНЫХ...

ставлено корнями многолетних дерновинных злаков. Более 80 % фитомассы сосредоточено под землей также в агрофитоценозе с картофелем, однако его клубни не относятся к корневой массе, а являются видоизмененным побегом. В растительных сообществах с доминированием культурных злаков фитомасса надземной части в ~3,5 раза превышает подземную. Подобное распределение фитомассы между надземной и подземной фракциями в целом характерно для травянистых природных и агрокультурных сообществ [11].

Таблица 1 – Фитомасса природных и агрогенных травянистых фитоценозов Плавского радиоактивного пятна

Показатель	Агрофитоценозы			Луговые фитоценозы	
	пшеница	ячмень	картофель	сухой сорный луг	влажный луг
Общая фитомасса	0,99	0,89	2,31	4,00	4,37
Надземная фитомасса	0,76	0,67	0,39	0,4	0,93
Подземная фитомасса	0,23	0,22	1,92	3,6	3,44
Соотношение надземной и подземной фитомассы, %	77 / 23	75 / 25	17 / 83	9 / 91	21 / 79

Современные уровни удельной активности ^{137}Cs в почвах исследованной части Плавского радиоактивного пятна составляют ~500-1100 Бк/кг, что соответствует плотности поверхностного радиоактивного загрязнения ~200-430 Бк/м² (или 5-12 Ки/км²) и относит ландшафт к зоне проживания с правом на отселение, в которой производство растениеводческой продукции разрешено, но рекомендуется контроль содержания в ней радионуклидов [5]. При этом величины удельной активности и запасов ^{137}Cs в 30-см слое целинного чернозема суходольного луга и в аллювиальной почве влажно-лугового фитоценоза в 1,5-2 раза больше, чем в пахотных черноземных почвах (табл. 2). Рассматриваемые почвы служат в наземных экосистемах конечным звеном миграции веществ, поступающих в составе латерального твердого стока из элювиальных ландшафтов [8, 9]. Таким образом, почвы геохимически подчиненных позиций рельефа на территориях, пострадавших вследствие чернобыльской аварии, аккумулируют существенно большее количество радиоцезия, и плотность их радиоактивного загрязнения в настоящее время существенно выше, чем у почв водоразделов.

Таблица 2 – Показатели загрязнения почв ^{137}Cs в природных и агрогенных травянистых фитоценозах Плавского радиоактивного пятна

Показатель	Агрофитоценозы			Фитоценозы	
	пшеница	ячмень	картофель	суходольный луг	влажный луг
Удельная активность, Бк/кг	494,5	623,8	537,1	1121,2	1038,8
Плотность загрязнения, кБк/м ²	197,5	271,9	177,2	426,1	388,8

В условиях повышения плотности радиоактивного загрязнения почв в депрессиях рельефа произрастающая там растительность также отличается повышенным содержанием ^{137}Cs . Величина средневзвешенной (по фитомассам надземной и подземной частей) удельной активности радионуклида в природных луговых сообществах (с высокой долей участия много-

летних видов растений) на порядок больше, чем в агроценозах (табл. 3). Среди сельскохозяйственных культур средневзвешенная активность ^{137}Cs несколько больше в сообществах зерновых, в частности, ячменя, хотя потребляемые надземные части культурных злаков содержат минимальные количества радионуклида.

Таблица 3 – Показатели накопления ^{137}Cs в природных и агрогенных травянистых фитоценозах Плавского радиоактивного пятна

Показатель	Фитомасса	Агрофитоценозы			Фитоценозы	
		пшеница	ячмень	картофель	суходольный луг	влажный луг
Удельная активность, Бк/кг	Надземная	14,1	15,2	46,3	53,9	20,0
	Подземная	268,9	451,5	39,3	809,8	811,0
	Общая	73,3	122,6	40,5	738,0	642,4
Запасы в фитомассе, кБк/м ²	Надземная	0,011	0,010	0,018	0,020	0,019
	Подземная	0,063	0,099	0,081	3,284	3,001
	Общая	0,074	0,109	0,099	3,304	3,019

Величины удельной активности ^{137}Cs в надземной части растительности исследованных фитоценозов ранжируются по убыванию: суходольный луг (злаково-разнотравный) > картофель > влажный луг (разнотравно-злаковый) > ячмень, пшеница. Это во многом определяется составом растительных сообществ и биологическими особенностями его доминантных видов, поскольку известно, что злаки накапливают в своей надземной части наименьшее количество ^{137}Cs [4, 6].

В то же время подземная корневая часть культурных злаков и луговых растительных сообществ характеризуется очень высокими величинами удельной активности ^{137}Cs , которые на порядок превышают уровни концентрации радионуклидов в надземной части. Особенно высок контраст распределения величин удельной активности ^{137}Cs между корнями растений и их зеленой частью в природных луговых фитоценозах, где значительную долю растений составляют многолетние злаки, надземная часть которых отмирает в зимний период, а подземная сохраняет свои жизненные функции в течение 3-5 и более лет. Факт существенно повышенной концентрации ^{137}Cs в корневой массе растений по сравнению с фракцией побега был установлен рядом зарубежных исследователей на основании лабораторных модельных экспериментов [19] и в единичных случаях подтвержден натуральными наблюдениями в вегетационных опытах [12]. Контрастное и специфическое для групп растений распределение ^{137}Cs между корнями и побегами свидетельствует о сложных физиологических механизмах транслокации радионуклида и наличии защитных барьеров, препятствующих поступлению избыточного количества ^{137}Cs в побеги. Кроме того, известно, что часть ^{137}Cs в ризосфере может оставаться в составе отмершей корневой биомассы, что замедляет его переход в минеральную часть почвы с последующей прочной фиксацией на глинистых минералах, но благоприятствует реутилизации радионуклида в растения [7, с. 155].

В целом, в соответствии с величиной удельной активности ^{137}Cs и биологической продуктивностью растительных сообществ, природные лу-

НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИРОДНЫХ...

говые экосистемы отличаются ярко выраженной аккумулирующей функцией. Общие запасы радионуклида в фитомассе в 30 и более раз превышают таковые в агрофитоценозах. Нет сомнений, что это является следствием повышенных уровней накопления ^{137}Cs в корнях многолетних луговых трав. Однако преобладание запасов радиоцезия в подземной фитомассе характерно также и для культурных злаков (в связи с высокими уровнями удельной активности радионуклида в корнях), и для картофеля (в связи с преобладанием подземной фракции фитомассы над надземной).

Помимо биологических особенностей растений, на уровне аккумуляции ^{137}Cs в фитомассе значимо влияет плотность радиоактивного загрязнения почв (рис. 1). Установлено, что концентрация радионуклидов в растениях зависит от их концентрации в почвенном растворе [10, 15]. На исследованной территории эти величины находятся в прямо пропорциональной зависимости с коэффициентом корреляции 0,95 (при доверительной вероятности 95 %). Следовательно, повышенная плотность радиоактивного загрязнения почв геохимически подчиненных ландшафтов напрямую отражается и на уровнях аккумуляции ^{137}Cs в фитомассе растений, что обуславливает повышенное внимание к контролю содержания радионуклида в травостоях сенокосов и пастбищ [4, 8].

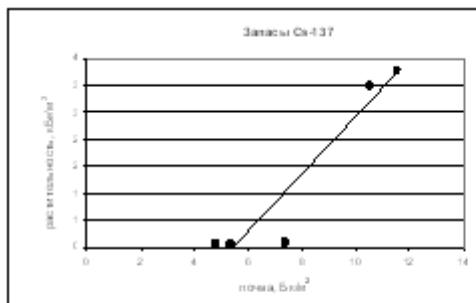


Рисунок 1 – Зависимость накопления ^{137}Cs в растениях от его аккумуляции в почвах Плавского радиоактивного пятна

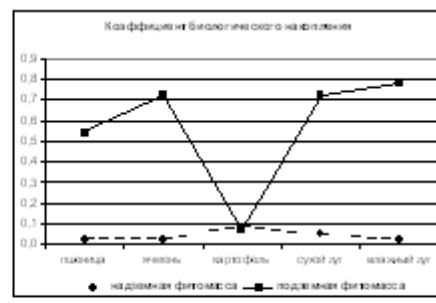


Рисунок 2 – Коэффициенты биологического накопления ^{137}Cs исследованными фитоценозами

В то же время коэффициент накопления ^{137}Cs в растениях (отношение величин удельной активности радионуклидов в сухой массе растений и почвы) во всех исследованных фитоценозах меньше 1 (рис. 2), что говорит об отсутствии избирательного поглощения элемента из почвы. При этом потребляемые в пищу надземные части растений в агрофитоценозах зерновых культур, клубни картофеля, а также идущий на корм скоту травостой природных лугов отличаются еще более пониженными уровнями аккумуляции ^{137}Cs , т.к. значения коэффициентов накопления радионуклида составляют в этих фракциях меньше 0,1.

Балансовые оценки распределения ^{137}Cs в системе "почва – растение" показали, что основные запасы – 98-99 % общего пula элемента – находятся в почве. Таким образом, постепенное выведение радионуклидов из систе-

мы “почва – растение” в травянистых природных и агрогенных биогеоценозах радиоактивно загрязненных территорий европейской части России по преимуществу определяется радиоактивным распадом радионуклида, и лишь в незначительной степени связано с отчуждением ^{137}Cs в составе урожая сельскохозяйственной продукции.

Выводы

1. В настоящее время удельная активность ^{137}Cs в почвах водораздельных пространств центральной части Плавского радиоактивного пятна составляет ~500-1100 Бк/кг, что соответствует плотности поверхностного радиоактивного загрязнения ~200-430 Бк/м² (5-12 Ки/км²) и относит ландшафт к зоне проживания с правом на отселение, в которой производство растениеводческой продукции разрешено, но рекомендуется контроль содержания в ней радионуклидов.

2. В изученной системе сопряженных ландшафтов выражена аккумулирующая роль почв пониженных элементов рельефа и пойменных природных фитоценозов в отношении ^{137}Cs .

3. Аккумуляция ^{137}Cs в фитомассе растительности фитоценозов зависит от состава растительного сообщества, биологических особенностей его доминантных видов и плотности радиоактивного загрязнения почв. Радионуклид ^{137}Cs характеризуется низким биологическим потреблением и отсутствием избирательного поглощения растениями из почвы. При этом подземная часть фитомассы культурных злаков и луговых растительных сообществ характеризуется относительно повышенными величинами удельной активности ^{137}Cs , которые на порядок превышают уровни концентрации радионуклидов в надземной части.

Благодарности. Работы проводились на средства гранта РФФИ № 10-05-00976 в составе комплексной экспедиции Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, сотрудникам которого к.г.н. Н.Н. Ивановой, к.г.н. В.Р. Беляеву, к.г.н. М.В. Маркелову и д.г.н. Голосову В.Н. авторы приносят искреннюю благодарность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии / Науч. рук. Ю.А. Израэль. – Люксембург, 1998. – 71 с.
2. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 г. – М., 2010. – 452 с.
3. Государственный доклад о санитарно-эпидемиологической обстановке в Тульской области в 2009 году. – Тула, 2010. – 171 с.
4. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларусь (АСПА Россия – Беларусь). – Москва – Минск, 2009. – 135 с.
5. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – М., 2009.
6. Сельскохозяйственная радиоэкология / Ред. Р.М. Алексахин, Н.А. Корнеев. – М., 1992. – 400 с.

НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИРОДНЫХ...

7. Сельскохозяйственная радиоэкология / Ред. А.Д. Фокин, А.А. Лурье, С.П. Торшин. – М., 2005. – 367 с.
8. Кузнецов В.К., Санжарова Н.И. Горизонтальная миграция искусственных радионуклидов при различной степени задерновности поверхности почв // Экология. – 1997. – № 2. – С. 150 – 152.
9. Экспериментальное исследование смыва радионуклидов, выпавших на почву в результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции / Борзилов В.А. Коноплев А.В., Ревина С.К. [и др.] // Метеорология и гидрология. – 1988. – № 11. – С. 43 – 53.
10. Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Санжарова Н.И., Сысоева А.А., Исамов Н.Н. (мл.) [и др.] // Российский химический журнал. Химия в сельском хозяйстве: проблемы и решения. – Том XLIX (2005). – № 3. – С. 26 – 34.
11. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара. – М. : Наука, 1965. – 264 с.
12. Abu-Khadra S.A., Abdel-Sabour M.F., Abdel-Fattaah A.T., Eissa H.S. Transfer Factor of Radioactive Cs and Sr from Egyptian Soils to Roots and Leafs of Wheat Plant. IX Radiation Physics and Protection Conference. 15-19 November 2008, Nasr City-Cairo, Egypt, 185-196 p.
13. An overview of BORIS: Bioavailability of Radionuclides in Soils / C.Tamponnet, A.Martin-Garin, M.-A.Gonze et al. // J. Environ. Radioactivity. 2008. Vol. 99, p.820-830.
14. Brambilla M., Fortunati P., Carini F. Foliar and root uptake of ^{134}Cs , ^{85}Sr and ^{65}Zn in processing tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.) // J. Environ. Radioactivity. 2002. Vol. 60, p.351-363.
15. Brambilla et al., 2002, c.358; An overview of BORIS, 2008, c.821.
16. Ehlken S., Kirchner G. Environmental processes affecting plant root uptake of radioactive trace elements and variability of transfer factor data: a review // J. Environ. Radioactivity. 2002. Vol. 58, p.97-112.
17. Shaw G., Bell J.N.B. The Kinetics of Caesium Absorption by Roots of Winter Wheat and the Possible Consequences for the Derivation of soil-to-Plant transfer Factors for Radiocaesium // J. Environ. Radioactivity. 1989. Vol. 10, p.213-231.
18. Staunton S., Hinsinger P., Guiavarch A., Brechignac F. Root uptake and translocation of radiocaesium from agricultural soils by various plant species // Plant and Soil. 2003. Vol. 254, p.443-455.
19. Shaw and Bell, 1989, c.218; Brambilla et al., 2002, c.360; Ehlken and Kirchner, 2002, c.102-103; Staunton et al., 2003, cc.447, 449,452.

Информационные системы и модели в научных исследованиях, экологии, промышленности и медицине

УДК 504.054 +579

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

© *K.R. Таранцева, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

© *О.В. Фирсова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

INTEGRATED QUALITY ESTIMATION OF WASTEWATER CHEMICAL-PHARMACEUTICAL INDUSTRY

© *K.R. Tarantseva, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

© *O.V. Firsova, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

Статья посвящена интегральной оценке качества сточных вод химико-фармацевтического производства. Показано, что характеристика качества сточных вод производства антибиотиков, приводимая по системе тестов обобщенных показателей, должна включать целый ряд дополнительных показателей.

Ключевые слова: сточные воды, химико-фармацевтическое производство, интегральная оценка.

The article is devoted to the integrated assessment of the quality of waste water chemical and pharmaceutical production. It is shown that the characteristic of the quality of waste water production of antibiotics, used by a system of generalized performance tests should include a number of additional indicators.

Key words: waste water, chemical and pharmaceutical production, the integrated assessment.

E-mail: krtar@bk.ru, firsona_nv@mail.ru

Известно, что анализ сточных вод имеет ряд особенностей, связанных со сложным комплексным характером неорганических и органических компонентов. Функционирующая система контроля источников загрязнения основана на надзоре за соблюдением установленных нормативов качества сточных вод для конкретного предприятия [1 – 3]. Как правило, степень загрязненности сточных вод оценивается по санитарно-химическим (обобщенным) показателям в основном аналитическими методами. При этом данные стоки не имеют токсикологической характеристики, что необходимо для оценки их опасности для биологических организмов. Следствием этого являются сложности при разработке рекомендаций по нормированию

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД...

сброса загрязняющих веществ, выбора метода очистки сточных вод и снижению вредного антропогенного влияния на водные экосистем [4, 5]. Полную характеристику качества сточных вод может дать только система из нескольких обобщенных показателей или интегральная оценка.

Химико-фармацевтическое производство характеризуется непостоянством и разнообразием состава и свойств промышленных стоков. В частности, технологические процессы производства антибиотиков сопровождаются образованием высококонцентрированных по содержанию загрязнителей технологических маточников, промывных вод после подготовки оборудования на всех этапах производства – биологического синтеза (ферментации), химической очистки, трансформации. Агрессивность реакционных сред данного производства приводит к различным видам коррозии технологического и вспомогательного оборудования, в результате продукты коррозии являются дополнительным источником загрязнения в сточных водах [6 – 14].

В данной работе проведен анализ существующих методов и критерий оценки степени загрязненности сточных вод производства β -лактамных антибиотиков цефалоспоринового ряда для принятия экологически обоснованного решения по выбору метода очистки сточных вод.

С целью выявления степени загрязненности были проведены исследования санитарно-химических, обобщенных показателей технологических маточников производства цинковой соли цефалоспорина С (табл. 1).

Анализ полученных результатов показал, что наиболее загрязненными технологическими маточниками являются отработанный нативный раствор, отработанная щелочь с полисорба, отработанная кислота с анионита, где по всей сумме анализируемых показателей завышены нормы.

Таблица 1 – Характеристика сточных вод производства цинковой соли цефалоспорина С

Наименование сточных вод	Санитарно-химические показатели						
	Водородный показатель, pH	ХПК, мг/л	БПК ₁ , г/л	Взвешенные вещества, г/л	Сухой остаток, г/л	Прокаленный остаток, г/л	БПК ₁ ХПК, 100%
Промывные воды с ферментационного оборудования	12,2	4,5	1,8	0,55	7,0	6,0	38,9
Отработанный нативный раствор	3,5	34,5	13,2	0,53	50,5	16,6	38,8
Отработанная щелочь с полисорба	12,4	110,0	43,0	0,30	19,6	12,6	39,8
Отработанная кислота с анионита	2,8	32,5	15,1	отс	0,5	0,342	34,8
Средне-производственный сток с производства цинковой соли цефалоспорина С	6,0	6,8	5,2	0,5	9,4	4,5	76,8

Полученная характеристика по обобщенным показателям свидетельствует о том, что данный сток является высококонцентрированным по со-

держанию загрязнителей и требует очистки. Как правило, промышленные стоки производства антибиотиков обезвреживаются на биологических очистных сооружениях. Степень воздействия на биоценозы очистных сооружений промышленных стоков, охарактеризованных по санитарно-химическим показателям, оценивается односторонне. Данные показатели не дают возможность оценки качества воды по биологическому влиянию сточных вод на микроорганизмы активного ила.

Из санитарно-химических обобщенных показателей качества сточных вод наиболее близок к характеристике их токсичности тест БПК5. По методике определения потребления растворенного кислорода для биохимического окисления органических и неорганических соединений, содержащихся в сточных водах, микроорганизмами необходимо введение микрофлоры в соответствующую пробу воды. Оценка жизнедеятельности микроорганизмов, введенных в пробу воды, основанная на изъятии ими кислорода из субстрата, служит первичной (косвенной) характеристикой степени токсичности сточных вод. Кроме того, данная методика имеет ряд недостатков: длительность проведения анализа; не стандартизированы качественная и количественная нагрузка микрофлоры; затруднен подбор оптимальных температур инкубации и т.д.

Известно, что основным способом оценки сточных вод по биологическому влиянию на водное сообщество является метод биотестирования [4,15 – 19]. Результаты биотестирования объективнее, чем физико-химические характеристики, так как они учитывают взаимное влияние имеющихся в воде токсикантов.

В технологическом процессе производства цинковой соли цефалоспорина С используются цинкодержащие соединения и водно-ацетоновые смеси, которые могут попадать в сточные воды. Их идентификация и количественное определение позволило экспериментально подтвердить степень воздействия различных концентраций ацетона, ацетата цинка (модельный раствор) на монокультуры тест-микроорганизмов [20 – 22]. Результаты, полученные на модельных растворах, а также технологических маточниках, где количественно определено содержание ацетона, свидетельствуют о выраженном воздействии на микрофлору растворов органических веществ по сравнению с контролем.

Таким образом, совместное использование биотестирования с физико-химическим анализом различных групп химических соединений, выделенных из сточных вод производств антибиотиков, позволяет получить зависимости между степенью токсичности вод и концентрациями веществ, и разрабатывать рекомендации по нормированию сброса загрязняющих веществ.

Известно, что достаточность биогенных элементов для развития микроорганизмов в сточных водах определяется соотношением показателей: биохимическое потребление кислорода к азоту аммонийных солей к фосфору в виде фосфатов (БПК:N:P). Согласно [23], для оптимального процесса биологической очистки при обработке городских сточных вод соотношение БПКполн:N:P должно быть не менее 100:5:1. Поэтому решено было дополн-

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД...

нить характеристику сточных вод в эксперименте по биотестированию, по тесту окисляемость, который определяется как отношение БПК₅/ХПК (%) и тестов на содержание общего азота и фосфора. В таблице 2 представлены данные по биоокисляемости, соотношению БПК:N:P.

Таблица 2 – Показатели качества сточных вод производства цефалоспорина С (по минимальной системе обобщенных показателей)

Наименование сточных вод	Обобщенные показатели качества сточных вод						
	ХПК, мг/л	БПК ₅ , г/л	БПК ₅ /ХПК, 100%	БПК:N:P	Содержание <i>E. coli</i> через 2 ч. после внесения раствора 1X10	Содержание органических веществ в сухом остатке, г/л	pH
Средне-пропорциональный сток производства цефалоспорина С	7,6	2,8	36,6	100:6:2	5,3	67,5	7,7
Сточные воды очистных сооружений завода медпрепаратов	5,4	2,1	38,8	100:13:3	4,4	70,9	9,2
Сточные воды завода медпрепаратов/средне-пропорциональный сток производства цефалоспорина С (в соотношении 200:1)	5,4	1,4	26,5	100:20:4	3,3	76,6	9,3

Из таблицы 2 видно, что биоокисляемость сточных вод затруднена (<50 %), а соотношение БПК₅:N:P значительно превышает оптимальные отношения между ними. Несбалансированность биологических элементов в сточных водах, содержание специфической органики в каждом образце вод, отражается на жизнедеятельности *Escherichia coli*, взятой в эксперимент по биотестированию в качестве тест-культуры в виде выраженного токсического действия.

Включение в систему тестов для характеристики качества сточных вод производства антибиотиков обобщенных показателей: ХПК, БПК₅, N, P, сухого и прокаленного остатков, а также отношение БПК₅/ХПК, БПК:N:P и метода биотестирования на микроорганизмах позволяет более объективно решить вопрос пригодности данного стока для биологической очистки без предварительной подготовки сточных вод или только использовать физико-химическую локальную очистку. Следствием этого является снижение затрат на производство, сохранение материальных ресурсов и сокращение вредного воздействия антропогенного фактора на водные экосистемы.

Таким образом, характеристика качества сточных вод производства антибиотиков, приводимая по системе тестов обобщенных показателей, должна включать:

- характеристику сточных вод по системе тестов обобщенных показателей, включающих определение ХПК, БПК₅, P, N, сухого и прокаленного остатков, водородного показателя, биотестирования;

- вычисление отношения БПК5/ХПК, БПК:N:P;
- прогноз биологического влияния сточных вод на основе анализа химико-биологических характеристик;
- создание необходимых условий подобранным микроорганизмам для разрушения загрязнителей, содержащихся в сточных водах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пономарева Л.С. *Организация аналитического контроля состава и свойств сточных вод. Методы оценки соответствия.* – 2008. – № 8. – С. 26 – 31.
2. Федеральный закон № 7-ФЗ *Об охране окружающей среды.* – 10.01.2002.
3. Степанов А.Н. *Программа производственного экологического контроля // Природные ресурсы России: управление, экономика, финансы.* – 2004. – № 3.
4. Жмур Н.С. *Государственный и производственный контроль токсичности сточных вод методами биотестирования в России.* – М. : АКВАРОС, 2003. – 507 с.
5. Гелашивили Д.Б., Туманов А.А., Безруков М.Е. *Экотоксикологический анализ токсигенной нагрузки промышленных предприятий г. Н. Новгорода на водные объекты речного участка Чебоксарского водохранилища // Изв. Самар. НЦ РАН.* – 2000. – Т.2, № 2. – С. 244 – 251.
6. Таранцева К.Р., Фирсова Н.В. *Влияние продуктов коррозии на токсичность промышленных стоков // Защита металлов.* – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 204 – 209.
7. Таранцева К.Р., Пахомов В.С. *Коррозионная стойкость нержавеющих сталей в процессе химического синтеза сульфоксида бензилпенициллина // Коррозия: материалы, защита.* – 2005. – № 5. – С. 17 – 21.
8. Таранцева К.Р., Пахомов В.С. *Коррозионная стойкость нержавеющих сталей в процессе синтеза калиевой соли гидроксиаминоацетоуксусного эфира // Коррозия: материалы, защита.* – 2005. – № 7. – С. 9 – 11.
9. Таранцева К.Р. *Проблемы коррозионной стойкости оборудования в химико-фармацевтической промышленности // Коррозия: материалы, защита.* – 2007. – № 3. – С. 15 – 20.
10. Таранцева К.Р., Пахомов В.С. *Анализ коррозионных потерь в химико-фармацевтической промышленности // Коррозия: материалы, защита.* – 2008. – № 5. – С. 19 – 23.
11. Таранцева К.Р. *Анализ причин коррозионного разрушения оборудования в процессе ферментации антибиотиков // Коррозия: материалы, защита.* – 2008. – № 6. С. 19 – 24.
12. Таранцева К.Р., Яхкинд М.И. *О коррозионной стойкости оборудования при получении 7-аминоцефалоспорановой кислоты // Коррозия: материалы, защита.* – 2008. – № 11. – С. 16 – 18.
13. Таранцева К.Р., Яхкинд М.И. *О химическом сопротивлении неметаллических материалов оборудования при получении 7-аминоцефалоспорановой кислоты // Коррозия: материалы, защита.* – 2008. – № 12. – С. 34 – 36.
14. Таранцева К.Р., Фирсова Н.В., Фирсова О.В. *Способ снижения коррозионных потерь в производстве антибиотиков // Коррозия: материалы, защита.* – 2010. – № 9. – С. 15 – 18.

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД...

15. Стrogанов Н.С., Путинцев А.И., Исакова Е.Ф., Шенкель В.Е. Метод токсикологического контроля сточных вод // Биологические науки, вып. 2. – 1979. – С. 90 – 96.
16. Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. – Л. : Наука, 1989. – 192 с.
17. А.с. 1008245 АССР, с 120 1/001 11/с 02 3/00 Способ определения токсичности сточных вод / Лахина К.Г., Гамага Л.И., Попов А.С. – Опубл. 30.03.73. – Бюлл. № 12.
18. Liu D., Ihonson K. Toxicity Assessment of chlorobenze Using Bacteria. *ull Envision Contac and Toxical.* 1983.- 31, №1, с.105-111.
19. Hefbert I.G., Smith R., Morgan W.S., Application of a Tetrabytmena performers bioassay system for the rapid detection of toxic substances in waste-waters. *Water SA*-1983, №3, Р 81-87.
20. Таранцева К.Р., Фирсова Н.В., Марынова М.А. Биотестирование как инструмент принятия экологически обоснованных технологических решений // *Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского.* – 2011. – № 25. – С. 592 – 596.
21. Рабышко Э.В., Фирсова Н.В. Разработка элементов малоотходной технологии получения цефалотина // *Охрана окружающей сред на предприятиях медицинской и микробиологической промышленности СССР* : Тез. док. Всесоюзной научно-технической конференции (Новополоцк, 25-26 окт. 1988). – Новополоцк, 1988. – С. 42.
22. Рабышко Э.В., Фирсова Н.В. Биотестирование сточных вод производства цефалотина // *Охрана окружающей сред на предприятиях медицинской и микробиологической промышленности СССР* : Тез. док. Всесоюзной научно-технической конференции (Новополоцк, 25-26 окт. 1988). – Новополоцк, 1988. – С. 69.
23. СНиП 2.04.03–85 Канализация. Наружные сети и сооружения.

УДК 504.75

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

© **O.A. Логвина**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

QUANTITATIVE EVALUATION CRITERIA OF COMPLEX SYSTEMS

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

Статья посвящена описанию состояния сложной экологической системы и прогнозированию её состояния. Рассматривается возможность учёта влияния большого количества разнородных параметров, нормальные показатели значений которых задаются как числами, так и значениями из некоторого допустимого интервала. В обоих случаях предлагаются подходы к решению задачи с использованием известных функций нескольких переменных и многоместной интервальной функции.

Ключевые слова и фразы: параметры, нормальное состояние, диапазон изменения, интервальная математика.

The article describes the status of a complex ecological system and how to predict its condition. In this article considering a possibility of taking into account the influence of a large number of diverse settings, normal values which are defined as the number and value of a tolerance interval. In both cases, the proposed approaches to the problem using the known functions of several variables and a multi-interval function.

Key words: parameters normal, the range, interval mathematics.

E-mail: Olga_kr@list.ru

Состояние любой сложной экологической системы в каждый момент времени может быть охарактеризовано значениями параметров, определяющих её функционирование. Ввиду большого количества влияющих факторов чаще всего учитываются только соответствие основных параметров значениям, принятым за норму. При оценке состояния любой экологической системы качество воды, воздуха и т.п. оценивается по степени соответствия результатов химических или биохимических анализов нормативам ПДК и пр.

Параметрами, описывающими состояние водного объекта, могут быть температура, химический состав, вязкость и скорость течения жидкости и т.п., или химические ингредиенты. Если речь идёт о соответствии химического состава требованиям нормативов, то значение каждого из учитываемых показателей рассматривается изолированно от остальных. В случае, когда содержание какого-либо одного химического соединения в воде превышает допустимое, то состояние жидкости не считается нормальным, проводятся природоохранные мероприятия. Если же показатели содержания нескольких химических ингредиентов близки к предельным, но не превышают их, состояние данного водного объекта считается нормальным. Практически не учитывается суммарная нагрузка на состояние объекта, созданная содержанием различных химических ингредиентов, за исключением случая веществ, обладающих кумулятивным действием. Такой подход позволяет оценить состояние системы качественно, но не дает количественную оценку степени отклонения состояния от нормы.

Будем рассматривать каждое состояние системы как точку

(t^1, t^2, \dots, t^n) пространства R^n , где t^i ($i = \overline{1, n}$) – параметры, описывающие реальную систему. Нормальное состояние системы при этом задаётся

как точка $(t_0^1, t_0^2, \dots, t_0^n) \in R^n$, где t_0^i – количественные данные о содержании химических элементов в исследуемом объекте. Отклонение от нормы при работе системы, нормальное состояние которой может быть описано точкой, можно определить как расстояние между двумя точками про-

странства R^n : $r = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta t^{i2}}$, где $\Delta t^i = t^i - t_0^i$ – отклонения от нормы зна-

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ...

чений параметров. Такое представление состояния системы в данный момент времени, и отклонений в её состоянии, вполне соответствует принятым в теории вероятностей и математической статистике понятиям математического ожидания значения некоторой величины и её среднеквадратическому отклонению.

Тогда отклонение от нормы при работе системы, нормальное состояние которой может быть описано точкой, можно определить как расстояние

между двумя точками пространства R^n : $r = \sqrt{\sum_{i=1}^n (t^i - t_0^i)^2}$ или

$r = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta^{i2}}$, где $\delta^i = t^i - t_0^i$ – отклонение от нормы значений параметров.

Отклонение от нормы при работе системы, нормальное состояние которой может быть описано точкой, можно также определить как сумму абсолютных отклонений параметров: $r = \sum_{i=1}^n |\Delta t_i|$, где $\Delta t_i = t_i - t_i^0$ – отклонения от нормы значений параметров. Для определения отклонения от нормы при работе системы возможно и использование таких метрик, как: $R_0 = \sum_{i=1}^n |t^i - t_0^i|$,

$R_1 = \sum_{i=1}^n (t^i - t_0^i)^2$ $R_2 = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n (t^i - t_0^i)^3}$, $R_3 = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^n (t^i - t_0^i)^4}$ и т.п. Однако

в соответствии с естественной метрикой пространства R^n будем определять

степень этого отклонения как $r = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta^{i2}}$.

Обычно имеется очень большое количество неоднородных факторов, в разной степени влияющих на состояние экологического объекта. При применении подобных методов исследования для оценки состояния биологических систем, неравнозначно реагирующих на изменение различных параметров, можно рассматривать не расстояние между точками пространства R^n , а функции более общего вида:

$$p_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^n \gamma^i \delta^{i2}}, \quad (1)$$

где $\delta^i = t^i - t_0^i$

или

$$\rho_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^n \gamma^i \eta^{i2}}, \quad (2)$$

где $\eta^i = \alpha^i - \beta^i$, $\alpha^i = t^i - \frac{a^i - b^i}{2}$, $\beta^i = \frac{b^i - a^i}{2}$,

для функционирующей системы, нормальное состояние которой может быть описано областью в пространстве R^n .

В случае применения функций вида R_0 , R_1 , R_2 , R_3 также возможно введение весовых коэффициентов γ^i . Значения весовых коэффициентов при этом могут определяться степенью значимости конкретных факторов и варьироваться в больших пределах. Для случаев нормированных параметров значения весовых коэффициентов, очевидно, должны принадлежать интервалу $(0, 1)$.

Очень часто нормальным считается не конкретное числовое значение параметра, определяющего состояние описываемой системы, а любое его значение из некоторого допустимого интервала. В таких случаях вполне оправданным является определение “коридора” для нормальных значений всех учитываемых параметров и вычисление значений ρ_{\min} и ρ_{\max} по формулам вида (1). Тогда для общей оценки степени изменённости состояния системы достаточно проверить выполнимость условия $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$. Когда речь идёт о содержании в среде нежелательных примесей, чаще всего это неравенство имеет вид $0 \leq \rho \leq \rho_{\max}$.

Значение величин γ^i определяется на основе теоретической оценки значимости каждого фактора, либо экспериментальными методами, либо на основе экспертной оценки. В случае использования предложенных функций при оценке состояний сложных однородных экологических систем возможно определение веса γ^i каждого параметра δ^i или η^i известными статистическими методами. Это позволяет в дальнейшем использовать конкретное полученное значение для определения степени соответствия норме значения сходной экосистемы.

Как правило, в приведённом выше виде формулы использовать невозможно, так как все параметры весьма разнородны и имеют различные единицы измерения. В таких случаях, когда величины имеют разную раз-

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ...

мерность, переходят к безразмерным относительным величинам. Например, если рассматривается относительное отклонение от нормы значений параметров

метров $\Delta^i = \frac{t^i - t_0^i}{t_0^i}$, то общее состояние системы может быть охарактеризовано некоторой функцией $I_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta^{i2}}$ либо $I_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^n \gamma^i \Delta^{i2}}$, в случае,

когда значимость разных показателей (параметров) различна, то есть система неравнозначно реагирует на изменение различных параметров.

Аналогично преобразовываются и выражения в случае применения функций вида R_0, R_1, R_2, R_3 . В таких случаях, когда исходные параметры, определяющие состояние системы, имеют разную размерность, для оценки отклонения состояния системы от нормы возможно использование функций вида $R_0' = \sum_{i=1}^n \left| \frac{t^i - t_0^i}{t_0^i} \right|$, $R_1' = \sum_{i=1}^n \left(\frac{t^i - t_0^i}{t_0^i} \right)^2$, $R_2' = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n \left(\frac{t^i - t_0^i}{t_0^i} \right)^3}$,

$R_3' = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^n \left(\frac{t^i - t_0^i}{t_0^i} \right)^4}$ и т.п. Полученные показатели будут безразмерными.

В соответствии с естественной метрикой пространства \mathbb{R}^n выберем в

качестве критерия оценки состояния системы функцию $r = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{t^i - t_0^i}{t_0^i} \right)^2}$

и определим n значений в различные моменты времени:

$$r_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{t_1^i - t_0^i}{t_0^i} \right)^2}, r_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{t_2^i - t_0^i}{t_0^i} \right)^2}, \dots, r_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{t_n^i - t_0^i}{t_0^i} \right)^2}.$$

Полученные n значений $r_j = r(t_j^1, t_j^2, \dots, t_j^n)$ можно рассматривать как значения некоторой функции времени: $x(\tau_1) = r_1, x(\tau_2) = r_2, \dots, x(\tau_n) = r_n$, что позволяет определить функцию $x(\tau)$ приближёнными методами. Мы получили функцию состояния экологической системы как функцию одного переменного τ . Конкретный вид аппроксимирующей функции часто может быть определён исходя из качественной оценки ситуации, для естественных процессов он, как правило, известен заранее.

Таким образом, мы переходим от функции параметров t^1, t^2, \dots, t^n к функции одного параметра – времени τ .

Такой подход позволяет не только количественно оценить состояние системы, сравнить состояние различных систем или одной системы в различные моменты времени, но и прогнозировать развитие ситуации. Степень точности прогноза зависит от количества учитываемых факторов и от степени точности их определения.

Особенностью экосистем является то, что нормальное значение любой функционирующей системы не может быть задано точкой, даже со многими координатами. Как правило, диапазон изменения значений каждого параметра, признаваемый нормальным, задаётся интервалом $t_0^i \in [a^i, b^i]$, определённым опытным путём. В результате этого нормальное состояние системы задаётся n -мерной областью $(t_0^1, t_0^2, \dots, t_0^n) \in R^n$, $t_0^i \in [a^i, b^i]$, $(i = \overline{1, n})$.

Тогда отклонение состояния системы от нормального можно определить как

$$I_1' = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Omega^{i2}} \quad \text{либо} \quad I_2' = \sqrt{\sum_{i=1}^n \gamma^i \Omega^{i2}}, \quad \Omega^i = \frac{2\eta^i}{b^i - a^i}, \quad \text{где}$$

$$\eta^i = \alpha^i - \beta^i, \quad \alpha^i = t^i - \frac{a^i + b^i}{2}, \quad \beta^i = \frac{b^i - a^i}{2}.$$

Поскольку диапазон изменения значений каждого параметра, признаваемый нормальным, задаётся интервалом, более естественным является использование для описания состояния такой системы элементов интервальной математики.

Пусть $Z = f(x^1, x^2, \dots, x^n)$ – непрерывная функция аргументов x^1, x^2, \dots, x^n , определённых с точностью до замкнутых интервалов возможных значений $x^1 \in \bar{x}^1 = [x_1^1, x_2^1], \quad x^2 \in \bar{x}^2 = [x_1^2, x_2^2], \dots, \quad x^n \in \bar{x}^n = [x_1^n, x_2^n]$. Тогда функция также определяется с точностью до интервала определённых значений $Z \in \bar{Z} = [z_1, z_2]$.

Будем рассматривать многоместную интервальную функцию

$$\bar{Z} = F(x^1, x^2, \dots, x^n) = \left\{ f(x^1, x^2, \dots, x^n) / x^1 \in \bar{x}^1, x^2 \in \bar{x}^2, \dots, x^n \in \bar{x}^n \right\}$$

интервальных чисел $\bar{x}^1, \bar{x}^2, \dots, \bar{x}^n$. Введём понятие сложения, вычитания, умножения переменной на число, произведения переменных, возве-

дения в степень и деления известным образом:

$$\bar{z} = \bar{x}^i \pm \bar{x}^j = \left\{ x^i \pm x^j / x^i \in \bar{x}^i, x^j \in \bar{x}^j \right\},$$

$$\bar{z} = k\bar{x}^i = \left\{ kx^i / x^i \in \bar{x}^i, k = \text{const} \right\},$$

$$\bar{z} = \bar{x}^i \cdot \bar{x}^j = \left\{ x^i \cdot x^j / x^i \in \bar{x}^i, x^j \in \bar{x}^j \right\},$$

$$\bar{z} = (\bar{x}^i)^n = \left\{ (x^i)^n / x^i \in \bar{x}^i \right\},$$

$$\bar{z} = \bar{x}^i / \bar{x}^j = \left\{ \bar{x}^i / \bar{x}^j / x^i \in \bar{x}^i, x^j \in \bar{x}^j \right\}.$$

Аналогичным образом введём понятия квадратичной функции и корня

$$\text{квадратного: } \bar{z} = (\bar{x}^i)^2 = \left\{ (x^i)^2 / x^i \in \bar{x}^i \right\}, \bar{z} = \sqrt{\bar{x}^i} = \left\{ \sqrt{x^i} / x^i \in \bar{x}^i, x^i \geq 0 \right\}.$$

Пусть нормальное состояние системы определяется n параметрами, тогда мы будем считать, что оно задаётся интервальными числами

$$x^{10}, x^{20}, \dots, x^{n0}, \text{ где } x^{10} \in \bar{x}^{10} = [x_1^{10}, x_2^{10}], x^{20} \in \bar{x}^{20} = [x_1^{20}, x_2^{20}], \dots,$$

$$x^{n0} \in \bar{x}^{n0} = [x_1^{n0}, x_2^{n0}], \text{ а состояние системы в данный момент времени}$$

$$\text{записано как } x^1, x^2, \dots, x^n, \text{ где } x^1 \in \bar{x}^1 = [x_1^1, x_2^1], x^2 \in \bar{x}^2 = [x_1^2, x_2^2],$$

$$\dots, x^n \in \bar{x}^n = [x_1^n, x_2^n]. \text{ Найдём "расстояние" между полученными "интер-}$$

$$\text{ervalьными точками" } R = \sqrt{(x^1 - x^{10})^2 + (x^2 - x^{20})^2 + \dots + (x^n - x^{n0})^2}$$

как суперпозицию элементарных интервальных функций:

$$\bar{z}^i = \bar{x}^i - \bar{x}^{i0} = \left\{ x^i - x^{i0} / x^i \in \bar{x}^i, x^{i0} \in \bar{x}^{i0} \right\}, i = (1, n);$$

$$\bar{y}^i = (\bar{z}^i)^2 = (\bar{x}^i - \bar{x}^{i0})^2 = \left\{ (\bar{x}^i - \bar{x}^{i0})^2 / x^i \in \bar{x}^i, x^{i0} \in \bar{x}^{i0} \right\};$$

$$R = \sqrt{r} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \bar{y}^i} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{z}^i)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{x}^i - \bar{x}^{i0})^2} =$$

$$= \left\{ \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{x}^i - \bar{x}^{i0})^2} / x^i \in \bar{x}^i, x^{i0} \in \bar{x}^{i0} \right\}$$

Для случая, когда в описании состояния системы можно выделить два наиболее значимых фактора, выражение можно упростить.

Если мы имеем систему, нормальное состояние которой описывается интервальными числами x^{10}, x^{20} , где $x^{10} \in \bar{x}^{10} = [x_1^{10}, x_2^{10}]$, $x^{20} \in \bar{x}^{20} = [x_1^{20}, x_2^{20}]$, а состояние в данный момент времени – , где $\bar{x}^1 \in \bar{x}^1 = [x_1^1, x_2^1]$, $\bar{x}^2 \in \bar{x}^2 = [x_1^2, x_2^2]$. Аналогично случаю n параметров, получим двухместную интервальную функцию

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{\bar{r}} = \sqrt{\bar{y}^1 + \bar{y}^2} = \sqrt{(\bar{z}^1)^2 + (\bar{z}^2)^2} = \\ &= \sqrt{(\bar{x}^1 - \bar{x}^{10})^2 + (\bar{x}^2 - \bar{x}^{20})^2} = \\ &= \sqrt{(\bar{x}^1 - \bar{x}^{10})^2 + (\bar{x}^2 - \bar{x}^{20})^2} / x^i \in \bar{x}^i, x^{i0} \in \bar{x}^{i0} \end{aligned}$$

Данные выражения по форме напоминают выражения, полученные при рассмотрении естественной метрики пространства, и замечательно описывают состояние неопределенной системы, что позволяет их также использовать для оценки состояния экосистем.

Предлагаемые математические модели состояния экологических систем позволяют составлять количественные оценки их состояния и использовать результаты для прогнозирования развития ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марчук Г.И. *Математическое моделирование в проблеме окружающей среды*. – М. : Наука, 1982. – 320 с.
2. Добронец Б.С. *Интервальная математика*. – Красноярск : Издательство КГУ, 2004.
3. Крючкова (Логвина) О.А., Логвин А.М., Марьин В.К. *Применение математических методов в экологии // Опыт и проблемы экологического образования и воспитания : Материалы Всеросс. НПК*. – Пенза : ПТИ, 1999. – С. 27.
4. Крючкова (Логвина) О.А., Полякова И.Н., Логвин А.М., Сельмаева И.В. *О комплексном подходе в оценке экологической опасности регионов // Экологическая безопасность регионов России: Материалы межрегионального пост. действующего сем*. – Пенза : ПТИ, 1999. – С. 84.
5. Крючкова (Логвина) О.А., Логвин А.М., Марьин В.К. *Загрязнение атмосферы и растений // Экологичность техники и технологии производственных и автотранспортных комплексов : Материалы конф*. – Пенза : ПТИ, 1999. – С. 84.
6. Крючков Ю.О., Целикин И.А., Крючкова (Логвина) О.А., Таранцева К.Р. *Количественная оценка отклонений в состоянии технических и биотехнических систем // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании : Сборник статей XVIII международной НТК*. – Пенза : ПГТА, 2006. – С. 94.

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВОДЫ В ТЕМНЫХ НЕФТЕПРОДУКТАХ

© *K.B. Таранцев*, Пензенский государственный
университет (г. Пенза, Россия)

© *A.V. Коростелева*, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

EXPERIMENT PLANNING OF PROCESS OF DISPERGIROVANY OF WATER IN DARK OIL PRODUCTS

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

© *A.V. Korosteleva*, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

Статья посвящена методике планирования эксперимента при исследовании процесса диспергирования воды в темных нефтепродуктах, получению зависимости времени разрушения капель в электрическом поле от гидродинамических и электрофизических параметров.

Ключевые слова: многофакторный эксперимент, математическая модель, основной уровень, адекватность модели.

This article is devoted to a technique of planning of experiment at research of process of a dispergirovaniye of water in dark oil products, to obtaining dependence of time of destruction of drops in electric field from hydrodynamic and electrophysical parameters.

Key words: multiple-factor experiment, mathematical model, main level, adequacy of model.

E-mail: Olga_kr@list.ru

Планирование многофакторного эксперимента предполагает выбор критерия оптимизации – параметра, по которому оценивается исследуемый объект и который связывает факторы в математическую модель. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы критерий оптимизации был один, имел физический смысл и позволял проводить количественную оценку.

В качестве основного критерия оптимизации при исследовании технологического процесса диспергирования воды в темных нефтепродуктах в процессе приготовления топливных эмульсий нами было выбрано время, необходимое на разрушение капли в электрическом поле.

На эффективность работы электротехнического диспергатора в разной степени влияет большое количество факторов. По результатам исследований нами было выделено четыре основных фактора [4]: поверхностное натяжение на границе раздела, диэлектрическая проницаемость слабопроводящей среды; вязкость слабопроводящей среды и напряженность электрического поля, которые позволяют реализовать четырехфакторный двухуровневый план (табл. 1). Остальные факторы были зафиксированы на ранее определенном рациональном уровне и в процессе опытов не изменялись.

После выбора факторов и установления области их определения для каждого из них устанавливают основной уровень ($x_{10}, x_{20}, \dots, x_{n0}$) и интервалы варьирования ($x_{i\min}, x_{i\max}$), табл. 2.

Таблица 1 – Список основных факторов

Факторы	Обозначения	Область опыта	Примечание
Поверхностное напряжение, Н/м	X ₁	от 0,001 до 0,01	Нижний и верхний уровни фактора определены по результатам теоретических исследований и поисковых экспериментов
Диэлектрическая проницаемость слабопроводящей жидкости	X ₂	от 3 до 5	
Вязкость слабопроводящей среды, Па·с	X ₃	от 0,4 до 1,2	
Напряженность электрического поля, кВ/см	X ₄	от 3 до 4	

Таблица 2 – Кодирование факторов и выбор интервалов варьирования

Наименование Обозначение факторов	Значения			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
Наименование фактора	Поверхностное напряжение, Н/м	Диэлектрическая проницаемость слабопроводящей жидкости	Вязкость слабопроводящей среды, Па·с	Напряженность электрического поля, кВ/см
Базовый уровень			0,8	3,5
Интервал варьирования	0,009	2	0,8	1
Верхний уровень фактора	0,01	5	0,005	4
Нижний уровень фактора	0,001	3	0,4	3
Функция отклика	Y ₁ – время, необходимое на разрушение капли в электрическом поле			

В качестве основного уровня выбирают координаты точки, в которой существуют типичные условия протекания изучаемого процесса.

Отклонения от основного уровня берутся симметричными, что позволяет привести все значения факторов к кодированному виду по формуле

$$X_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i}, \text{ где } x_{i0} \text{ – основной уровень } i\text{-го фактора; } \Delta x_i = |x_i - x_{i0}|.$$

При таком кодировании значения x_i будут равны ± 1 , а все возможные варианты четырехфакторного эксперимента будут исчерпаны в шестнадцати опытах.

Получаем модель, в которой взаимное влияние факторов учитывается столбцами x_1x_2 , x_1x_3 , x_1x_4 , x_2x_3 , x_2x_4 , x_3x_4 , $x_1x_2x_3$, $x_1x_2x_4$, $x_1x_3x_4$, $x_2x_3x_4$, $x_1x_2x_3x_4$.

Члены каждого такого столбца принимают значения либо +1, либо -1, определяемые знаками перемножаемых столбцов [1 – 3].

Математическая модель отклика, соответствующая табл. 3, имеет вид:

$$\begin{aligned} y = & a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{14}x_1x_4 + a_{23}x_2x_3 + \\ & + a_{24}x_2x_4 + a_{34}x_3x_4 + a_{123}x_1x_2x_3 + a_{124}x_1x_2x_4 + a_{134}x_1x_3x_4 + \\ & + a_{234}x_2x_3x_4 + a_{1234}x_1x_2x_3x_4. \end{aligned} \quad (1)$$

Таблица 3 – Матрица четырехфакторного эксперимента

№ опыта	План ПФЭ																Optimiz.		
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_1X_2	X_1X_3	X_1X_4	X_2X_3	X_2X_4	X_3X_4	$X_1X_2X_3$	$X_1X_2X_4$	$X_1X_3X_4$	$X_2X_3X_4$	$X_1X_2X_3X_4$	Y_1	Y_2	Y_3
1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	0,1	0,16	0,34	0,2
2	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	0,175	0,255	0,325	0,251667
3	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	0,175	0,255	0,325	0,251667
4	1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	0,15	0,42	0,216667	
5	1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0,23	0,35	0,52	0,366667
6	1	-1	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	0,28	0,45	0,65	0,46
7	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0,28	0,41	0,5	0,396667
8	1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,18	0,27	0,35	0,266667
9	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0,17	0,245	0,35	0,255
10	1	-1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	0,12	0,195	0,285	0,2
11	1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1	-1	0,12	0,195	0,285	0,2
12	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	0,145	0,23	0,28	0,218333
13	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0,37	0,8	1,2	0,79
14	1	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0,28	0,44	0,65	0,456667
15	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	0,28	0,43	0,62	0,443333
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,32	0,49	0,6	0,47

Матрица-столбец A коэффициентов этой модели рассчитывается по формуле:

$$A = (F^T \cdot F)^{-1} F^T Y = \begin{vmatrix} 0,340208 \\ -0,03229 \\ -0,02271 \\ 0,116042 \\ -0,03896 \\ 0,007708 \\ -0,02979 \\ 0,013958 \\ -0,02021 \\ 0,020208 \\ -0,04479 \\ 0,009375 \\ -0,04646 \\ 0,007292 \\ 0,013542 \\ -0,02646 \end{vmatrix}$$

где F – матрица плана эксперимента; F^T – транспонированная матрица плана эксперимента; $(F^T F)^{-1}$ – матрица, обратная матрице $(F^T F)$; Y – матрица откликов.

Подставив рассчитанные значения коэффициентов в уравнение (1), получим:

$$\begin{aligned} y = & 0,340208 - 0,03229x_1 - 0,02271x_2 + 0,116042x_3 - 0,03896x_4 + \\ & + 0,007708x_1x_2 - 0,02979x_1x_3 + 0,013958x_1x_4 - 0,02021x_2x_3 + 0,020208x_2x_4 - \\ & - 0,04479x_3x_4 + 0,009375x_1x_2x_3 - 0,04646x_1x_2x_4 + 0,007292x_1x_3x_4 + \\ & + 0,013542x_2x_3x_4 - 0,02646x_2x_3x_4 \end{aligned} \quad (2)$$

Проведем анализ полученной модели. Для проверки гипотезы об адекватности модели необходимо сравнить достигнутую точность модели с характеристикой точности наблюдений. Если ошибки, характеризующие точность модели, превосходят ошибки наблюдений, то гипотеза об адекватности модели отклоняется. Ошибки наблюдений мы можем оценить лишь путем сравнения результатов нескольких параллельных опытов, проведенных в каждой экспериментальной точке. У нас таких параллельных опытов $v = 3$.

Эксперимент проводился в $N = 8$ точках. В каждой точке x^i имели по $v = 3$ наблюдения y^{i1}, y^{i2}, y^{i3} . Среднее наблюдаемое значение в точ-

ке x^i определено по формуле $\bar{y}^i = \frac{1}{3}(y^{i1} + y^{i2} + y^{i3})$. Результаты расчетов \bar{y}^i помещены в последнем столбце табл. 3.

По своей сути отклик y является частным значением случайной величины Y (обозначим ее \hat{y} и назовем оценкой отклика), а коэффициенты модели являются оценками коэффициентов модели и тоже являются частными значениями соответствующих случайных величин, так как они получены на основе обработки случайных результатов наблюдений. Они должны удовлетворять условиям несмещенностии и эффективности, т.е. общим требованиям, предъявляемым к статистическим оценкам. В случае невырожденности информационной матрицы $(F^T F \neq 0)$ это условие выполняется [1 – 3].

Показателем точности оценки \hat{a}^i является $\sigma_{\hat{a}^i}^2$, а величины \hat{y} – дисперсия $\sigma_{\hat{y}}^2$. Результаты экспериментов представлены вектором \bar{y}^T , при этом оценка регрессионной модели получена в виде выражения (2).

Вычислим оценку дисперсии ошибок наблюдений по формуле

$$S = \sqrt{\frac{1}{N(\nu-1)} \sum_{j=1}^N \sum_{l=1}^{\nu} (\hat{y}^j - \bar{y}^j)^2} = 0,026016.$$

Задавшись уровнем значимости $\alpha = 0,05$ по $K = N - 1 = 16 - 1 = 15$ и $\beta = 1 - \alpha = 0,95$, находим параметр t распределения Стьюдента: $t = 2,131$.

Определяем доверительный интервал

$$\varepsilon = \Delta a_i = \frac{ts}{\sqrt{N}} = 0,01386.$$

Следовательно, все коэффициенты a_i модели (2), которые не удовлетворяют условию $|a_i| \geq \varepsilon$, следует признать незначимыми и ими можно пренебречь. Физически это означает, что взаимное влияние факторов x_1 и x_2 , а также трех факторов $x_1 x_2 x_3 K_1$, $x_1 x_3 x_4$, $x_2 x_3 x_4$, т.е. взаимное влияние данных факторов является пренебрежимо малым, поэтому из уравнения (2) исключаем данные параметры.

С учетом сказанного, математическую модель для оценки функции отклика далее будем рассматривать в виде

$$y = 0,340208 - 0,03229x_1 - 0,02271x_2 + 0,116042x_3 - 0,03896x_4 - 0,02979x_1 x_3 + 0,013958x_1 x_4 - 0,02021x_2 x_3 + 0,020208x_2 x_4 - 0,04479x_3 x_4 - 0,04646x_1 x_2 x_4 - 0,02646x_1 x_2 x_3 x_4.$$

Проанализировав математическую модель, можно сделать вывод, что наибольшее влияние на изменение времени разрушения капли оказывает вязкость слабопроводящей среды [5, 6].

Таким образом, в результате проведенных исследований были получены зависимости времени диспергирования капли от поверхностного напряжения на границе раздела, диэлектрической проницаемости, вязкости, плотности, электропроводности слабопроводящей среды и электропроводности воды. Эти результаты необходимы для анализа протекающих процессов при электродиспергировании и последующей разработке технологии электрогидродинамического диспергирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. *Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий*. – М. : Наука, 1976. – 280 с.
2. *Математическая теория планирования эксперимента / Под ред. С.М. Ермакова*. – М. : Наука, 1983. – 392 с.
3. *Математические методы планирования эксперимента / Под ред. Пененко В.В.* – Новосибирск : Наука, 1981. – 238 с.
4. Таранцев К.В., Коростелева А.В. *Исследование процесса разрушения капель воды в слабопроводящих жидкостях под воздействием электрического поля // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского*. – 2011. – № 26. – С. 666 – 671. – (Физико-математические и технические науки).
5. Таранцев К.В., Красная Е.Г., Коростелева А.В. *Расчет распределения напряженности в межэлектродном пространстве электрогидродинамических устройств численными методами // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского*. – 2011. – № 26. – С. 654 – 660. – (Физико-математические и технические науки).
6. Таранцев К.В., Красная Е.Г., Коростелева А.В. *Моделирование процессов в межэлектродном пространстве электрогидродинамических устройств // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского*. – 2011. – № 26. – С. 661 – 665. – (Физико-математические и технические науки).

МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

- © **T.V. Истомина**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)
- © **O.A. Мещеряков**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

METHOD OF TESTING THE SOFTWARE FOR AGRICULTURAL ORGANIZATIONS

- © **T.V. Istomina**, Penza State University (Penza, Russia)
- © **O.A. Mescheryakov**, Penza State University (Penza, Russia)

МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ...

Рассмотрены отдельные вопросы тестирования программного обеспечения для сельскохозяйственных организаций.

Представлена классификация существующих видов тестирования программного обеспечения. Предложена методика тестирования программ для сельскохозяйственных организаций.

Ключевые слова: сельское хозяйство, тестирование, классификация, методика, программа.

The separate issues of software testing for agricultural organizations.

The classification of the existing types of software testing. The technique of testing programs for agricultural organizations.

Key words: agriculture, testing, classification, methodology, program.

E-mail: oleg_m.58@bk.ru

В последнее время все большую актуальность приобретает программное обеспечение, применяемое в сфере мониторинга природных ресурсов. Мониторинг природных ресурсов важен не только для природоохраных организаций, но и для отраслей народного хозяйства, в частности для сельского хозяйства нашей страны. Это связано с необходимостью учета самых различных факторов при возделывании земель. Для грамотного планирования посевов необходимо учитывать природные условия, историю этого поля и его агроэкологические особенности.

За последние годы сельское хозяйство в нашей стране стало активно развиваться. Такому развитию способствовали поддержка, оказываемая государством, и частные инвестиции [4]. В сельском хозяйстве активно применяются современные технологии. Речь идет не только о современной сельскохозяйственной технике, но и о дополнительных аппаратных и программных средствах, способствующих грамотному управлению сельскохозяйственным предприятием. На сегодняшний день при полевых работах уже активно применяются GPS-системы, так называемое “точное земледелие” [3]. Современные сельскохозяйственные машины разработаны с соблюдением экологии природопользования. Однако современные технологии проникли не только в хозяйственную часть, но и в управленческую. Если еще несколько лет тому назад аграрные организации либо вообще не использовали информационные системы, либо ограничивались бухгалтерской системой (например “1С Бухгалтерия 7.7”), то сегодня постоянно появляются все новые и новые программные продукты для автоматизации экономико-хозяйственных процессов и разработанные специально для сельскохозяйственных предприятий. Только на базе 1С предлагается свыше десятка подобных программ [1]. Кроме 1С, есть множество других компаний и программных продуктов, предлагаемых для автоматизации отдельных процессов или всей деятельности аграрной компании. Среди них есть как отечественные, так и зарубежные разработки, адаптированные под российского потребителя.

Однако увеличились и требования аграрных предприятий к информационным системам. На сегодняшний день многим организациям уже мало

иметь только бухгалтерскую систему, они хотят систему, охватывающую не только бухгалтерию, но и другие хозяйствственные процессы. Систему, на основании данных которой можно принимать управленческие решения.

Среди большого множества предлагаемых программ реально для использования на каком-то конкретном сельскохозяйственном предприятии может подойти 2-3. Это связано с тем, что программные продукты зачастую разрабатываются в сотрудничестве с одной или несколькими компаниями аграрной отрасли, и на основании опыта работы этих компаний создается будущая информационная система, анонсируемая как решение для всех организаций аграрной сферы. Но специфика работы одной сельскохозяйственной организации не обязательно должна совпадать с работой другой. Разумеется, у них будет много общего, прежде всего в ведении бухгалтерского учета или сдачи регламентированной отчетности, но в то же время структура организации и специфика управления могут быть абсолютно разными. Также это касается отраслевой деятельности и документов. Многие организации для правильного выбора программы все чаще прибегают к тестированию рассматриваемых для приобретения программ.

Вопрос тестирования программного обеспечения (ПО) ранее был актуален только для разработчиков программ. Однако в последнее время к тестированию все чаще прибегают и их покупатели. Это связано в первую очередь с тем, что во множестве программных продуктов, предлагаемых сегодня на рынке, трудно сделать правильный выбор, при покупке ориентируясь только на одно описание.

В случае поспешно сделанного выбора и приобретения программы, не полностью соответствующей специфике организации, это может привести не только к сложностям при внедрении, но и к дополнительным затратам, связанным с доработкой программы под нужды компании.

Многие организации, решившие протестировать приобретаемое ПО, зачастую сталкиваются с проблемой организации теста. Иными словами, плохо представляют, как правильно нужно провести тестирование. Особенно если учесть, что многие программные средства могут быть схожи друг с другом по основным характеристикам, но у каждого из них есть свои нюансы, которые могут существенно повлиять на его возможное использование.

Особенно это актуально для отраслей, которые только начинают активно развиваться и еще не имеют устоявшегося набора хорошо зарекомендовавших себя программных продуктов. Одной из таких отраслей является сельское хозяйство.

Для правильного выбора программы и проведения грамотного тестирования необходимо четко понимать, что именно нужно от приобретаемого программного продукта. Для решения какого круга задач он приобретается, и подойдет ли он для использования именно в этой организации. Тестирование нужно построить таким образом, чтобы проверить не только общую работоспособность программы, но и проверить, насколько данный программный продукт подходит для использования в данной компании. Важно правильно определиться с методикой тестирования.

МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ...

Существует множество видов тестирования программного обеспечения. Тестирование может классифицироваться в зависимости от объекта тестирования, знания системы тестировщиком, степени автоматизации тестирования, по времени проведения тестирования и т.д. [2]. Однако не все виды подойдут для проверки приобретаемой программы аграрной компанией.

Исходя из классификации, предлагаемой на рисунке 1, можно сказать, что для аграрной компании наиболее оптимальными видами тестирования будут виды, располагающиеся на левой ветке схемы.

Рассмотрим её более подробно. С точки зрения информации, доступной о тестируемой системе, тестирование делится на тестирование черного, белого и серого ящика. В отличие от тестирования белого ящика, когда тестировщик имеет доступ к исходному коду программы, при тестировании чёрного ящика тестировщик имеет доступ к ПО только через те же интерфейсы, что и пользователь.

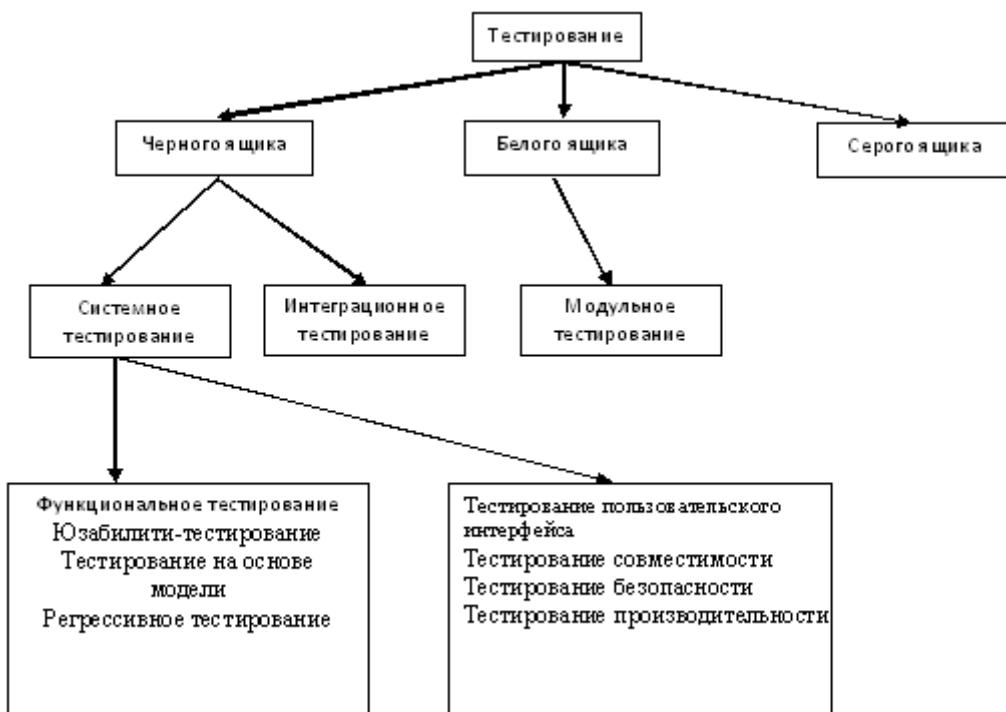


Рисунок 1 – Виды тестирования программного обеспечения

Кроме уровня информации, доступной о системе, немаловажным является то, в каком объеме тестируется программа. Тестируться может либо отдельный модуль системы, либо вся программа целиком. Тестирование по степени изолированности компонентов может делиться на:

- модульное тестирование,
- интеграционное тестирование,
- системное тестирование [5].

При модульном тестировании проверяются на корректность отдельные модули исходного кода программы. При интеграционном тестировании программные модули объединяются и тестируются в группе. При интеграционном тестировании проверяется не столько корректность кода исходных модулей, сколько соответствие части программы заявленным функциям [6]. Системное тестирование программного обеспечения – это тестирование программного обеспечения, выполняемое на полной, интегрированной системе, с целью проверки соответствия системы исходным требованиям.

Системное и интеграционное тестирование относится к методам тестирования чёрного ящика, так как в обоих случаях значительно удобнее будет проводить тестирование через интерфейс программы.

Системное тестирование включает в себя несколько видов тестов, которые условно можно разделить на две группы. К первой группе будут относиться тесты, направленные на проверку необходимых технических аспектов, таких как определения быстродействия системы. Ко второй группе можно отнести тесты, необходимые, чтобы выяснить, подходит ли приобретаемая система для решения необходимых задач.

С помощью какого бы класса ни производилось тестирование, тестировщики всегда следуют определенной методике, позволяющей как можно более качественно проверить ПО.

Для различных программ методики тестирования тоже будут отличаться. Методика может разрабатываться исходя из задач, стоящих перед тестировщиком, или в соответствии со спецификой работы организации.

Сама методика тестирования должна включать: проверку производительности программы, оценку удобства пользовательского интерфейса, проверки функционала. Тестирование может вестись как IT-специалистами, так и с привлечением обычных пользователей. Для большинства программных продуктов, применяемых в том числе и в аграрной сфере, можно предложить следующую методику тестирования, состоящую из трех основных этапов.

На первом этапе тестирования оптимально будет провести проверку функциональных возможностей программы. Для этого нужно четко понимать, для решения каких задач приобретается данная программа. И проверять, сможет ли она обеспечить выполнение всех требуемых операций.

На втором этапе необходимо уделить внимание проверке производительности программы, так как даже хорошо укомплектованная, но медленно работающая программа, будет серьезно вредить производительности всего программного обеспечения в целом.

На третьем этапе нужно проверить, насколько интерфейс приобретаемой программы понятен будущим пользователям, так как излишне сложный интерфейс влечет дополнительные сложности при внедрении и приводит к дополнительным затратам времени и средств на обучение персонала.

Схема этапов тестирования ПО, выполнение которых необходимо в соответствии с предлагаемой авторами методикой, представлена на рисунке 2.

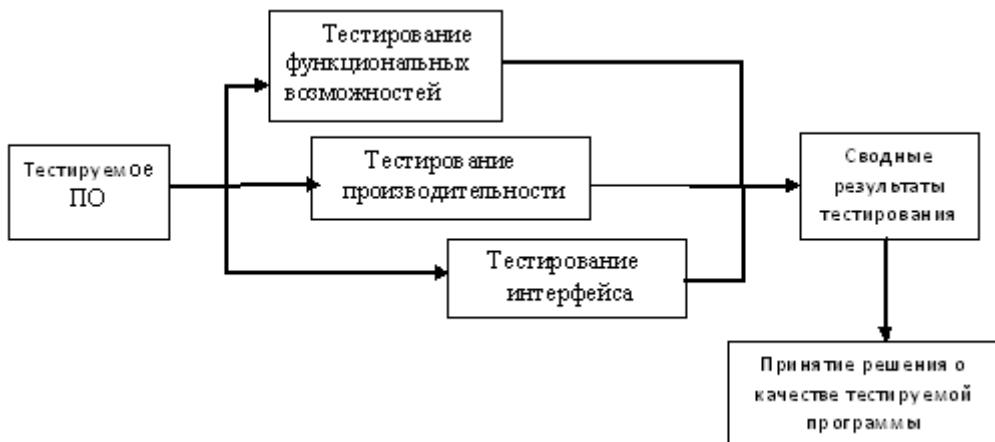


Рисунок 2 – Этапы тестирования ПО

При принятии решения о качестве тестируемой программы следует учитывать полученные результаты на всех этапах тестирования. Маловероятно, что какой-либо программный продукт одинаково хорошо покажет себя на всех этапах и будет идеально подходить под нужды приобретаемой его фирмы. Такое возможно только в том случае, если программа разрабатывалась под индивидуальный заказ.

В настоящее время уже начали появляться компании, предлагающие проведение тестирования программных продуктов для нанявшей их организации. Данное решение может помочь многим организациям, не желающим тратить много времени и средств на проведение теста. Но для крупных организаций, для которых вопрос тестирования приобретаемых программных продуктов возникает не единожды, разумнее разработать свою методику тестирования, с помощью которой можно всесторонне проверить программный продукт и сделать заключение, насколько он подходит именно этой компании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.1c.ru/news/info.jsp?id=14077> (дата обращения: 09.07.2012)
2. http://ru.wikipedia.org/wiki/Тестирование_программного_обеспечения (дата обращения: 08.07.2012)
3. http://www.geomir.ru/precision_farming_ru/ (дата обращения: 09.07.2012)
4. <http://selhozrf.ru/node/1014> (дата обращения: 09.07.2012)
5. http://ru.wikipedia.org/wiki/Тестирование_программного_обеспечения (дата обращения: 08.07.2012)
6. <http://www.protesting.ru/testing/levels/integration.html> (дата обращения: 09.07.2012)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАСЧЕТА
ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ОТ ГРУППЫ
ИСТОЧНИКОВ**

- © ***B.A. Казаков***, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)
- © ***O.S. Виноградов***, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)
- © ***N.A. Виноградова***, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)
- © ***G.R. Погодин***, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)
- © ***B.L. Таранцева***, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства”, кафедра “Защита в чрезвычайных ситуациях” (г. Пенза, Россия)

SOFTWARE APPLICATIONS FOR CALCULATING ATMOSPHERE POLLUTION BY EMISSIONS FROM SOURCE GROUPS

- © ***V.A. Kazakov***, Penza Regional Centre of Higher School, Affiliate of FSBEI HPE “State University of Innovation Technologies and Entrepreneurship of Russia”, Department of “Protection in Emergency Situations” (Penza, Russia)
- © ***O.S. Vinogradov***, Penza Regional Centre of Higher School, Affiliate of FSBEI HPE “State University of Innovation Technologies and Entrepreneurship of Russia”, Department of “Protection in Emergency Situations” (Penza, Russia)
- © ***N.A. Vinogradova***, Penza Regional Centre of Higher School, Affiliate of FSBEI HPE “State University of Innovation Technologies and Entrepreneurship of Russia”, Department of “Protection in Emergency Situations” (Penza, Russia)
- © ***G.R. Pogodin***, Penza Regional Centre of Higher School, Affiliate of FSBEI HPE “State University of Innovation Technologies and Entrepreneurship of Russia”, Department of “Protection in Emergency Situations” (Penza, Russia)
- © ***B.L. Tarantseva***, Penza Regional Centre of Higher School, Affiliate of FSBEI HPE “State University of Innovation Technologies and Entrepreneurship of Russia”, Department of “Protection in Emergency Situations” (Penza, Russia)

Разработана компьютерная программа, позволяющая не только рассчитать концентрацию загрязняющих веществ в воздухе, но и определить, на каком расстоянии достигается

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАСЧЕТА...

наиболее опасная максимальная концентрация загрязнителя. Программа рассчитывает концентрации компонентов от группы источников выбросов.

Ключевые слова: экология, промышленные выбросы, компьютерная программа, загрязнение атмосферы, концентрация загрязнителя, рассеивание веществ.

A special computer program has been developed. It allows us not only to calculate air pollutants concentration but also to define the distance at which the most dangerous maximum pollution concentration is reached. The program computes components concentration from groups of emissions sources.

Key words: ecology, plant emissions, computer program, atmosphere pollution, pollutants concentration, substances dispersal.

E-mail: VAK2002@list.ru, fox-bbs@mail.ru

При разработке алгоритма программы за основу была взята методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86.

Для расчета общей приземной концентрации выбрасываемых в атмосферу компонентов суммируют концентрации вредных веществ от каждого из источников, рассчитанных по широко известной формуле [1]:

$$c_{\text{в}} = \frac{A \cdot M \cdot F_{mn}}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (вводится в программу под названием коэффициент рассеивания); M (г/с) – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени (вводится в программу под названием количество загрязнителя в выбросе); F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газо-воздушной смеси из устья источника выброса; H (м) – высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников при расчетах принимается $H = 2$ м); η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км; ΔT ($^{\circ}$ С) – разность между температурой выбрасываемой газо-воздушной смеси V_1 ($\text{м}^3/\text{с}$) – расход газо-воздушной смеси.

Разработанная программа служит для расчета концентрации вредных веществ, выбрасываемых с вентиляционными выбросами от электрохимических и механических цехов [2, 3]. Кроме того, программа может быть использована и для выбросов других предприятий при условии корректировки базы данных.

В случаях, если известно, что имеются неучтенные (фоновые) источники выброса того же вредного вещества или веществ, обладающих с ним эффектом суммации (другие предприятия города, промрайона, транспорт, отопление и т.п.), в правой части (1) добавляется слагаемое c_{ϕ} , характеризующее фоновое загрязнение от неучтенных источников.

Если рассчитанная по формуле (1) концентрация c удовлетворяет неравенству $c > 0,1q_0$, где [1]

$$q_0 = \frac{10^3 \cdot \sum_{i=1}^N M_i \cdot c_i}{\sum_{i=1}^N V_{1i} \cdot c_i}, \quad (2)$$

а M_i (г/с) и V_{1i} ($\text{м}^3/\text{с}$) – мощность выброса и расход газовоздушной смеси i -го источника, то вместо (1) при расчете приземной концентрации c используется формула [1]

$$c = \frac{q_0 \cdot \sum_{i=1}^N c_i}{q_0 + \sum_{i=1}^N c_i}. \quad (3)$$

При расчетах приземных концентраций выбросами группы источников принимается наиболее неблагоприятное сочетание значений M_i и V_{1i} , реально осуществляющееся на всех рассматриваемых источниках одновременно [1].

Для автоматизации расчетов была разработана компьютерная программа “Рассеивание вредных веществ”, позволяющая учитывать выбросы от нескольких источников. Программа написана в среде Borland Delphi 7.0.

Фрагмент кода программы при расчете загрязнения атмосферы от группы источников представлен ниже:

```

if F < 100 then
begin
  Mk := 1 / ( 0.67 + 0.1 * sqrt(F) + 0.34 * Power(F, Stepen));
  if Vm >= 2 then
    N := 1
  else
    if Vm < 0.5 then
      N := 4.4 * Vm
    else
      begin
        N := 0.532 * sqr(Vm) - 2.13 * Vm + 3.13;
        Z := 2.86 * Mk;
        Cm := A * M * K * Z / Power(H, 7/3);
      end;
  Cm := A * M * K * N * Mk / ( sqr(H) * Power(Vo * abs(TT), Stepen));
end
else
begin
  Mk := 1.47 / Power(F, Stepen);
  if Vm2 >= 0.5 then

```

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАСЧЕТА...

```
begin
  Z := 0.9;
  Cm:= A*M*K*Z / Power(H,7/3);
end
else
begin
  if Vm2 >= 2 then
    N := 1
  else
    N := 0.532*sqr(Vm2) - 2.13*Vm + 3.13;
  if Tv - Tg <= 0 then
    Cm := A*M*K*N*B / Power(H,4/3)
  else
    Cm:= A*M*K*N*Mk / ( sqr(H)* Power(Vo*abs(TT),Stepen));
  end;
end;
```

В программу вводятся данные по каждому источнику выбросов и по составу каждого выброса.

Программа предварительно обсчитывает каждый из составов выброса и расстояние от источника выброса, на котором достигается максимальная концентрация. При этом программа учитывает скорость ветра, температуру воздуха, температуру выбросов, высоту трубы, из которой осуществляется выброс и коэффициент, учитывающий скорость оседания газов (рис. 1).

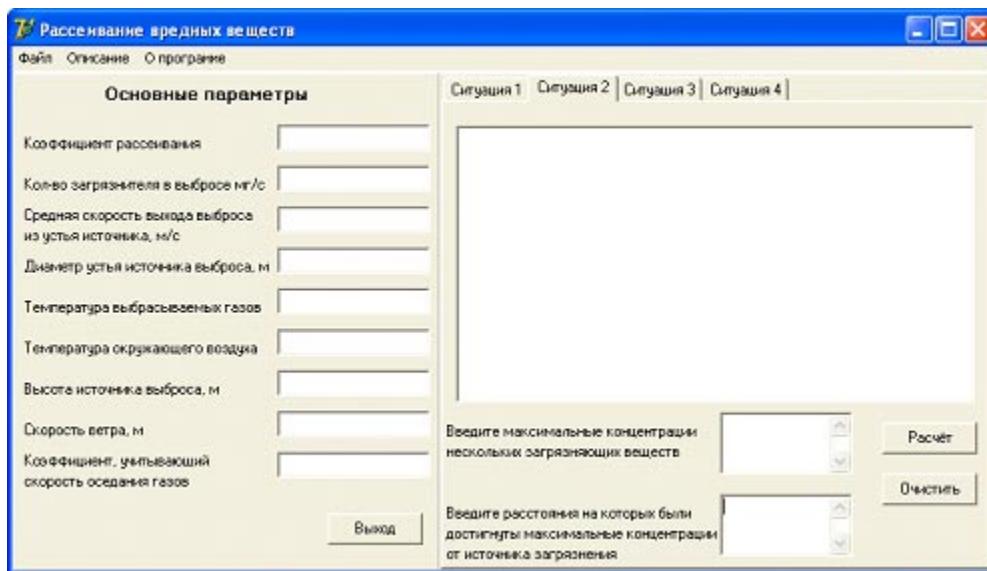


Рисунок 1 – Интерфейс программы

При подсчете программа выдает объединенные максимальные концентрации и расстояния, на которых эти концентрации будут достигнуты,

при этом результаты выводятся в зависимости от подразделений на группы по показателю ПДК.

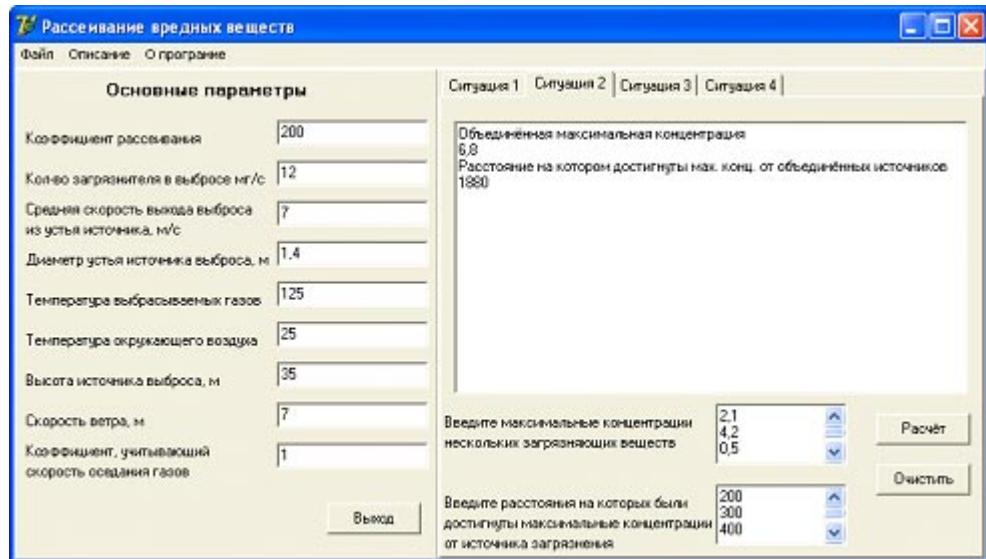


Рисунок 2 – Результаты расчета в программе

В целях ускорения и упрощения расчетов количество рассматриваемых источников выброса сокращается путем их объединения (особенно мелких источников) в отдельные условные источники. Относительная погрешность расчетных концентраций в этом случае должна быть менее 0,25.

Работа выполнена в рамках Государственного контракта № 14.740.11.0305 «Разработка теоретических основ по снижению вероятности техногенной катастрофы от гальванических производств» от 17.09.2010 г., мероприятия 1.2.2 Программы «Проведение научных исследований научными группами под руководством кандидатов наук федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86. – Л. : Гидрометеоиздат, 1987. – 77 с.
2. Казаков В.А., Виноградова Н.А., Виноградов О.С., Таранцева Б.Л. Снижение экологической опасности электрохимических производств // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2011. – № 25. – С. 579 – 581.
3. Казаков В.А., Виноградов О.С., Гуляева Н.А. Методические подходы к расчету экономии водоресурсов в гальваническом производстве // РНЖ Экономика и управление. – 2010. – № 11 (61). – С. 69 – 74.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТЕРИЛИЗАЦИОННЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

© *A.A. Матюнин*, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© *T.V. Истомина*, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

INCREASE ECOLOGICAL SAFETY THE STERILIZATION DEPARTMENT

© *A.A. Matiunin*, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© *T.V. Istomina*, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

В статье говорится о разработке мер по сокращению выбросов вредных или опасных объектов в окружающую среду за счет оптимизации процесса стерилизации и внедрения новых типов датчиков, а также модификации блока управления.

Ключевые слова: паровой стерилизатор, индикатор состояния, снижение отходов, оптимизация системы, блок управления, стерилизация.

The article deals with the development of measures to reduce emissions of harmful or dangerous objects in the environment by optimizing the sterilization process by introducing new types of sensors and modifying the control module unit.

Key words: autoclave, the status indication, reducing waste, optimizing the system, control unit, sterilization.

E-mail: proschka@gmail.com; istom@mail.ru

Проблема обеспечения экологической безопасности системы отечественного здравоохранения является крайне актуальной и во многом определяется используемыми методиками и применяемым оборудованием.

Технологические разработки медицинского оборудования ежегодно приносят новые способы получения информации о биообъекте. Новинки рынка способствуют развитию современных скрининговых методов и созданию методик лечения заболеваний, которые ранее казались неизлечимыми. Среди представленных на данный момент технологических решений следует выделить класс оборудования, который был создан и используется уже не одно десятилетие и без которого не обходится ни одна крупная больница. К такому оборудованию относятся стерилизационные установки.

Процесс стерилизации известен давно и используется уже не один век в качестве средства антисептической обработки медицинского белья. Это необходимо для уничтожения микроорганизмов и поддержания общей санитарной обстановки в медицинском учреждении. В простейшем случае стерильность достигается способом кипячения обрабатываемых изделий, однако это приводит к быстрому износу ткани и требует высыхания белья на открытом воздухе, что вновь ведёт к орошению стерильных изделий микроорганизмами и стерильность изделия резко снижается. Современные подходы позволяют решать

вопросы самыми разными способами, к ним относятся: стерилизация жаром; кипячение; стерилизация текущим паром; дробная стерилизация; пастеризация; тиндализация (дробная пастеризация); стерилизация перегретым паром с последующей сушкой с помощью искусственного вакуума; стерилизация рентгеновскими лучами; стерилизация ультрафиолетовыми лучами; газовая стерилизация; низкотемпературная плазменная стерилизация [1, 2].

Способы, приведенные выше, позволяют при тех или иных условиях получить оптимальный результат при стерилизации изделий разного назначения. Каждый метод отличает его назначение для определённых групп изделий или растворов [2]. Идеально подходящего способа стерилизации не существует. Один позволяет быстро получить результат, но портит, снижает эффективность стерилизуемого раствора или полностью разрушает изделие.

Несмотря на такие различия в способах стерилизации, все устройства построены на принципе проверки качества стерилизации уже после окончания цикла стерилизации, то есть в процессе работы медперсонал не знает о готовности изделия и вынужден ждать окончания процесса в соответствии с таймером, установленным для данной группы изделий. Этот подход накладывает целый список ограничений как на устройства для стерилизации, так и на изделия. К таким ограничениям можно отнести увеличенный с большим запасом промежуток времени для “уверенного” прохождения цикла стерилизации, большие затраты электроэнергии, больший износ стерилизуемых изделий, меньшая пропускная способность стерилизационного отделения в целом и так далее [3].

На данный момент разработано несколько способов контроля качества стерилизации: биологические индикаторы; химические индикаторы; контроль стерилизации по времени; контроль качества стерилизации по достижению контрольной точки температуры [4]. Эти способы позволяют про контролировать качество стерилизации по окончании процесса, но в динамике отображать результат они не способны.

Создание датчиков для стерилизаторов накладывает ограничения на их использование, а именно сложность их работы при высоких температурах, сложность установки внутрь бикса, высокая стоимость датчика. В связи с этим разработка датчиков была обречена на неудачу. Кроме того, нынешняя стоимость одноразового индикатора позволяет считать его вне конкуренции по отношению к любому датчику температуры. Однако благодаря возможности использования датчиков повторно можно считать иначе.

Повышение экологической безопасности стерилизационных отделений может быть достигнуто за счет разработки устройства, способного работать в условиях повышенной влажности, высокого давления и высокой температуры для использования в паровых стерилизаторах в качестве индикатора состояния стерилизации в динамике для снижения выброса перегретого пара в открытые пространства. Сложность поставленной задачи связана с тем, что к медицинскому оборудованию предъявляются особенные требования к безопасности и технологическому исполнению, а также с технологической сложностью создания данного устройства. На данный момент способы получения характеристик стерилизуемого изделия в динамике и построения способа

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ...

управления процессом паровой стерилизации, основываясь на текущих значениях, получаемых с датчиков температуры, отсутствуют [5].

Для создания многоразовых индикаторов качества стерилизации необходимо создать электромагнитное поле (ЭМП) внутри корпуса стерилизатора. В каждый бикс поместить индикатор качества стерилизации, построенный на основе материала альсифер.

Альсифер – магнитно-мягкий недеформируемый сплав с 5,2-5,6 % алюминия, 9,4-9,8 % кремния и 85 % железа производится в виде размольного порошка. Основное применение – наполнитель магнитодиэлектриков (МД). Магнитная проницаемость МД с применением альсифера 50-100 Г/м. Линейность индукции от напряженности магнитного поля сохраняется до 8-10 кА/м – первый отечественный сплав типа “Сендаст” [6].

Сердечники из альсифера используются на частотах до 1-1,5 МГц. Альсифер характеризуется высокой твердостью и сопротивлением изнашиванию. Практическому применению мешает природная хрупкость этих сплавов, что делает их абсолютно недеформируемыми и непригодными для обработки резанием. Изделия получают литьем или порошковой технологией. Альсифер обладает хорошими литейными качествами. Поэтому его применяют в виде фасонных тонкостенных отливок, что определяет область применения альсифера для магнитных экранов, корпусов приборов и аппаратов, фасонных деталей магнитопроводов и других изделий. Преимуществом альсиферов является отсутствие в их составе дорогих или дефицитных элементов [7].

Для реализации поставленной задачи альсиферовые датчики должны иметь сферическую форму (рисунок 1). Для обеспечения долговечности и удобства использования таких датчиков оболочкой может служить пористая резина. Объемные модели выполнены в программе Компас – 3D V8 [8].

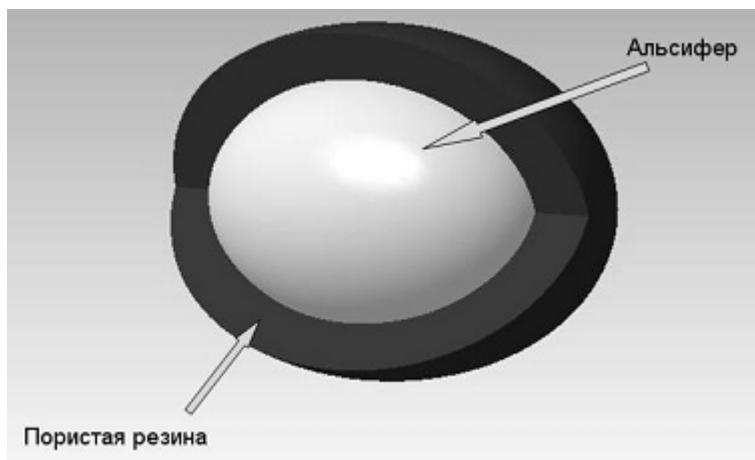


Рисунок 1 – Внешний вид датчика

Предположим, что при повышении температуры до 160 градусов индуктивность альсифера стремится к нулю.

Для упрощения расчетов на данном этапе разработки, предположим, что график зависимости индукции от напряженности магнитного поля, представленный на рисунке 2, является линейным, и, как следствие, зависимость индукции от напряженности магнитного поля также является линейной.

График зависимости индукции от температуры рассчитывается согласно способу калибровки альсиферов, который состоит из следующих пунктов:

- 1) выбирается материал с подходящей магнитной проницаемостью, стремящейся к нулю при повышении температуры;
- 2) выбирается температурный диапазон для проведения калибровки;
- 3) диапазон измерения разбивается на шкалу с равными промежутками в диапазоне от 0 до выбранной температуры (160 градусов);
- 4) проводится нагрев стерилизационной камеры с контролем индукции внутри камеры и последовательным замером и нанесением на шкалу зависимости индукции от температуры.



Рисунок 2 – Зависимость магнитопроницаемости датчика от температуры

Чтобы использовать данное свойство, необходимо внутрь каждого бинса поместить 5 альсиферовых датчиков, благодаря которым станет возможен многоразовый контроль качества стерилизации. Датчики располагаются так же, как одноразовые индикаторы, 4 по краям и 1 в середине (рисунок 3).

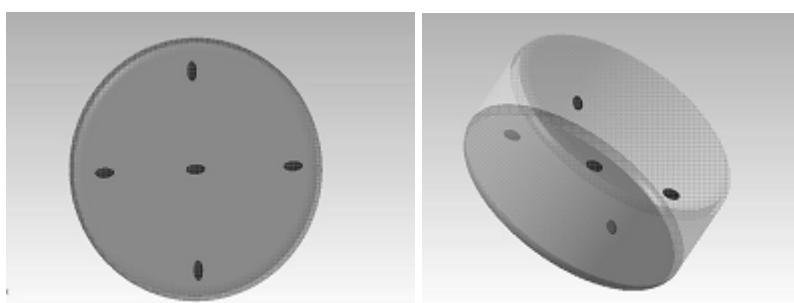


Рисунок 3 – Расположение датчиков

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ...

В стерилизационную камеру закладываются биксы со стерилизуемым материалом и многоразовыми индикаторами качества стерилизации. Вид стерилизационного устройства в разрезе изображен на рисунке 4.

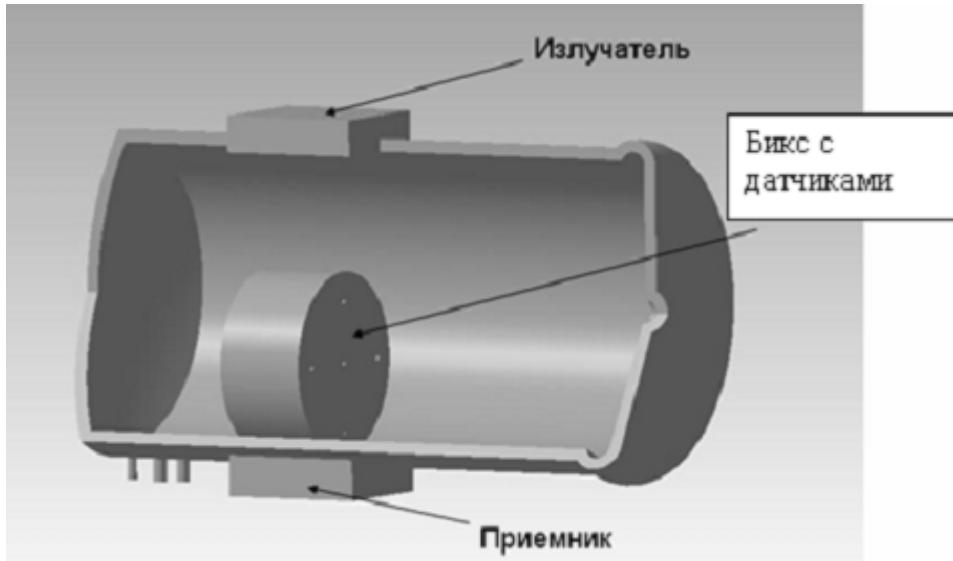


Рисунок 4 – Место установки бикса

При закладке биксов с индикаторами в стерилизационную камеру и закрытии крышки начинается процесс калибровки, состоящий из следующих пунктов:

- 1) подача напряжения на излучатель;
- 2) внутри камеры создается магнитное поле;
- 3) с помощью датчика магнитного поля фиксируется начальная точка (уровень магнитного поля в камере в начале работы);
- 4) включается модифицированный алгоритм стерилизации.

Датчик магнитного поля помещается внутрь стерилизационной камеры через стандартное технологическое отверстие.

Использование нового типа датчиков снижает выброс вредных веществ в атмосферу и обладает следующими достоинствами.

1. Отказ от одноразовых индикаторов. (Многоразовые индикаторы закладываются в биксы, процесс стерилизации отслеживается на мониторе).

2. Отсутствие затрат на одноразовые индикаторы. (Датчики на основе альсифера являются многоразовыми. Их выход из строя возможен только при воздействии на них тяжелым предметом).

3. Повышается качество стерилизации в динамике. (Отпадает необходимость в повторной стерилизации).

4. Контролируется температура внутри бикса в режиме реального времени. (Благодаря альсиферовым индикаторам возможен контроль температуры внутри бикса. На мониторе будет показан график температур).

5. Низкая стоимость одной стерилизации по отношению к предыдущим методам. (Многоразовые индикаторы необходимо приобрести только один раз и использовать при каждой операции стерилизации. Отпадает необходимость повторной стерилизации, что значительно экономит электроэнергию и затраты на нее, а также уменьшается нагрузка на оборудование, повышается долговечность стерилизуемого материала).

6. Обеспечивается долговечность. (Альсифер – хрупкий сплав. Для увеличения срока службы индикаторов необходимо изготовить его в форме эллипса и покрыть оболочкой из пористой резины. Такая оболочка защитит хрупкий металл при падении, от неосторожного обращения. Форма эллипса создаст дополнительную амортизацию).

7. Появляется возможность контролировать процесс стерилизации в динамике. (До появления многоразовых индикаторов на основе альсифера контроль качества стерилизации можно было произвести только по окончанию операции стерилизации. Использование новых индикаторов позволит контролировать процесс стерилизации в масштабе реального времени).

Удалённая передача данных и управление процессом стерилизации позволяют обеспечить:

- 1) отсутствие человеческого фактора в процессе определения качества стерилизации, так как все данные передаются по закрытому каналу связи непосредственно на пульт оператора;
- 2) снижение энергопотребления;
- 3) повышение качества стерилизации;
- 4) автоматическое заполнение карты стерилизационного отделения;
- 5) отсутствие необходимости повторной стерилизации в случае не прохождения теста по одноразовым индикаторам.

Таким образом, применение предлагаемой разработки позволит повысить эффективность работы и экологическую безопасность стерилизационных отделений учреждений системы здравоохранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51935-2002. Стерилизаторы паровые большие. – Введ. 2004 - 6.09 – М. : Издательство стандартов, 2002. – 53 с.
2. Корнев И.И. Стерилизация изделий медицинского назначения в лечебно-профилактических учреждениях. – М. : АНМИ, 2000. – 78 с.
3. Изучение эффективности стерилизационных мероприятий в практических условиях. Актуальные вопросы совершенствования дезинфекционных и стерилизационных мероприятий / Г.И. Рубан // Материалы Всесоюзной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Московской дезинфекционной станции. – М., 1990. – С. 63 – 72.
4. ГОСТ Р ИСО 11140-1-2000. Стерилизация медицинской продукции. Химические индикаторы. Общие требования. – Введ. 2002.01.01. – М. : Издательство стандартов, 2001. – 8 с.
5. ГОСТ Р 8.585-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразования – Введ. 2002.1.07. – М. : Издательство стандартов, 2002. – 112 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ...

6. Трофимова Т.И. Справочник по физике для студентов и абитуриентов. – М. : Астрель : ACT, 2001. – 399 с.
7. Транзисторы в качестве датчиков температуры / П. О'Нил, К. Деррингтон // Электроника. – 1979. – № 21. – С. 52.
8. Компас - 3D V8. – <http://kompas-3d.ru/download-kompas-3d-v8>.

УДК 504.75

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И РИСКОВ НА ГАЗОПРОВОДАХ

- © Ю.О. Логвин, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)
- © К.Р. Таранцева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)
- © О.А. Логвина, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)
- © В.В. Коновалов, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)

MODELING SAFETY AND RISK IN GAS PIPELINES

- © Y.O. Logvin, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)
- © K.R. Tarantseva, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)
- © O.A. Logvina, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)
- © V.V. Konovalov, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

Статья посвящена количественному анализу опасностей, определению рисков и вероятности аварий при проектировании и эксплуатации газопроводов. Рассмотрены возможность определения величины среднего риска вне зависимости от деятельности объекта, подвергающегося определенной опасности, и случаи, когда объект может принять меры с целью уменьшения потерь от неблагоприятного события (защитные меры) и при этом сам объект не влияет на возможность его проявления, и когда объект может занять активную позицию по отношению к неблагоприятному событию и сознательно выбирать ситуацию, характеризующуюся другой вероятностью его проявления (выбрать более рискованную ситуацию с большей вероятностью ущерба, рассчитывая получить дополнительные преимущества или может предпринять действия по избежанию риска).

Ключевые слова: газопровод, риск, экономический ущерб, питтинг.

This article is devoted to the quantitative analysis of hazards, identification of risks and the possibility of accidents when people do the design and exploit of natural gas pipelines. The possibility of determining the value of average risk, regardless of the activities of the facility, subject to a certain danger, and when the lens can take steps to reduce losses from adverse events (safety measures) and that the object does not affect the possibility of its manifestation, and when the object can take a proactive approach to the adverse event, and consciously choose a situation of a different probability of its occurrence (choose more risky situation is more likely to damage, hoping to get additional benefits or can take action to avoid risk).

Key words: pipeline, the risk of economic damage, pitting.

E-mail: Olga_kr@list.ru

Оценка экологического риска последствий решений необходима при строительстве или реконструкции любых объектов промышленности, особенно нефтегазовой. Это обусловлено как повышением требований экологического законодательства, так и вероятностью значительных потерь в будущем, зачастую не только экономических. Количественный анализ опасностей даёт возможность определить вероятности аварий и несчастных случаев, величину риска, величину последствий и желателен как для лиц, принимающих решение в сфере производства, так и для организаций, контролирующих экологическую составляющую их деятельности. 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 на газопроводах сопровождается взрывообразным расширением и загоранием газа с образованием факелов горения. Таким образом, место прохождения газопровода является зоной повышенной пожароопасности. Природный газ или искусственный газ доставляется к потребителям по системе газопроводов. На газовых промыслах газ, выходящий под давлением из каждой скважины, пройдя систему предварительной очистки от влаги и взвешенных частиц, поступает в газосборную сеть промысла и далее по газовому коллектору 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.

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

Основными источниками выброса загрязняющих веществ в атмосферу являются свечи стравливания газа из отсеченного участка газопровода перед началом ремонтных работ. Одновременно может осуществляться стравливание газа только с одного участка, отсекаемого соседними линейными кранами, при этом выброс будет осуществляться через ближайшую свечу (одну или две). Перед началом работ газ вырабатывается потребителем до давления 1,5 МПа. Основным загрязняющим веществом, выбрасываемым в атмосферу, является природный газ, состоящий более чем на 98 % из метана.

Природный газ обычно рассматривается как безвредный газ. Газ бесцветен, не имеет запаха, не токсичен. Действие его идентично действию предельных углеводородов. Главная опасность связана с асфиксиею из-за недостатка

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И РИСКОВ НА ГАЗОПРОВОДАХ

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 стремится занять более высокие слои атмосферы. Вероятность скопления в низких точках местности и внизу помещений практически исключена.

Наиболее ответственным участком газопровода является его линейная часть, или собственно газопровод, представляющий собой сооружение из стальных труб, соединенных сваркой в одну линию. Газопровод имеет ярко выраженную линейную направленность, значительную протяженность (до сотен и тысяч километров) и работает под высоким давлением.

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

При решении ряда задач, например определении частоты и масштаба аварий на конкретном участке трубопровода за относительно небольшой (по сравнению со сроком службы трубопровода) 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 качества вплоть до полного выхода из строя.

При ограничении времени исследования поведения объекта (1-3 года, т.е. порядка 0,1 срока службы трубопровода) с достаточной точностью функцию отклика у можно считать линейной функцией от совокупности действующих на неё факторов и, в конечном счёте, функцией одного аргумента – времени t . В качестве численной меры риска принимают вероятность P наступления неблагоприятного события или размер наносимого объекту ущерба R . При этом наносимый объекту ущерб определяется зависимостью

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

где $P(x)$ – непрерывная функция зависимости вероятности ущерба от величины наносимого ущерба.

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

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_j x_i, \quad (2)$$

где P_{ψ} – вероятность получения ущерба X_i при наступлении события j -го типа.

Она определяется по формуле произведения вероятностей зависимых событий, т.е.

$$P_{\psi} = P_{ji} = P_j P_i(j), \quad (3)$$

где P_j – вероятность наступления неблагоприятного события j -го типа,

$P_i(j)$ – вероятность получения ущерба X_i при наступлении события j -го типа.

Если ущербы от различных событий измеряются в одинаковых единицах, например в рублях, в тоннах или м^3 потерянного транспортируемого продукта, то формулу для определения ущерба R можно записать в виде

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_j P_i(j) X_i, \quad (4)$$

где P_j выражает закон распределения вероятностей наступления неблагоприятных событий, а $P_i(j)$ – законы распределения ущербов при наступлении каждого из таких событий.

Заметим, что приведенные выше формулы определяют величину среднего риска вне зависимости от деятельности объекта, подвергающегося определенной опасности. В общем случае можно выделить два вида такой деятельности.

1. Объект может принять меры с целью уменьшения потерь от неблагоприятного события (имеются в виду защитные меры). При этом сам объект не влияет на возможность его проявления. В научной литературе риски таких событий получили название “Чистые риски”. Как правило, указанные меры связываются с определенными затратами. В таком случае в формуле среднего риска необходимо увязать вероятность ущерба $P_i(1)$ с произведенными затратами на его предотвращение (уменьшение). В этом случае последнее выражение примет следующий вид:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_i P_j(j, z_j) X_i, \quad (5)$$

где $P_i(j, z_j)$ – условная вероятность возникновения ущерба X_i при наступлении неблагоприятного события j -го типа и осуществлении защитных мероприятий от него с затратами Z_j .

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И РИСКОВ НА ГАЗОПРОВОДАХ

2. Объект может занять активную позицию по отношению к неблагоприятному событию и сознательно выбирать ситуацию, характеризующуюся другой вероятностью его проявления. Во-первых, он может выбрать более рискованную ситуацию с большей вероятностью ущерба, рассчитывая получить дополнительные преимущества, вкладывая капитал в более рискованные, но и более прибыльные проекты и т.п. Во-вторых, он может предпринять действия по избежанию риска, например, применяя более дорогие, но и более стойкие к коррозии материалы, применяя антикоррозионные покрытия и др.

Выбор ситуации обычно рассматривается как субъективное решение, зависящее от отношения объекта к риску, ожидаемому выигрышу при ненастуении неблагоприятного события и других факторов. При этом подобного рода риски получили название “спекулятивные риски”. С учетом возможности такого выбора величину риска можно определить на основании следующего выражения:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}(V) P_j P_i(j, z_j) X_i, \quad (6)$$

где $g_{ij}(V)$ – вероятность выбора объектом ситуации, характеризующейся вероятностью наступления неблагоприятного события P_j и законом распределения ущерба $P_i(j, z_j)$, в свою очередь зависящим от принятых мер по защите Z_j .

Принципиальных различий между видами деятельности объекта по снижению величины среднего риска не наблюдается, хотя в одном случае это снижение обеспечивается за счет уменьшения ущерба от проявления неблагоприятного события, а в другом – уменьшение вероятности его проявления за счет выбора менее рискованной ситуации. Однако и в том и в другом случае снижение риска обеспечивается за счет перехода к ситуации с другим законом распределения вероятностей ущерба. Вследствие этого выражение (6) может рассматриваться в качестве общей формулы оценки величины среднего риска, учитывающей все возможные определяющие факторы и условия.

Для каждого конкретного объекта с учетом видов его деятельности и соответствующих им наборов ситуаций, неблагоприятных событий и возможных ущербов формула (1) может быть уточнена и конкретизирована. Для этого в первую очередь необходимо сформировать общие принципы и подходы к определению характеристик объекта и разработать методы их количественной оценки. Оценку экологического риска следует считать составной частью процесса управления природопользованием.

Можно провести аналогию между понятием «экологический риск» и хорошо известным понятием «экономический риск». В обоих случаях мы имеем

дело с неопределенностью, которую можно рассчитать как математически, так и статистически. Однако уровень неопределенности и тяжесть возможных последствий при сопоставлении обоих видов риска различны. В экономике человек рискует собственным капиталом или капиталом акционеров. В экологии лицо, принимающее решение, перекладывает риск на третьих лиц, то есть население экологически опасных зон. Экономический риск обычно определяется через расчет и анализ статистики, что связано с его одномерностью, так как итог может быть выражен в монетарной форме. Экологический риск всегда неопределенен, так как его следствия многомерны, и каждое из последствий ведет к следующим, проследить которые трудно и часто невозможно. К тому же, неблагоприятные последствия экономического риска проявляются обычно сразу или через непродолжительный период, а последствия экологического риска обычно отдалены и могут проявиться самым неожиданным способом. Таким образом, сопоставлять экологический и экономический риск можно лишь условно, хотя на практике часто имеет место автоматический перенос разработанных подходов с одного на другой. Экологический риск является более широким понятием, охватывающим не только монетарную, но и гуманитарную сферу. Его последствия могут быть настолько тяжелы, что могут привести к устойчивым отрицательным изменениям окружающей среды, угрожающим здоровью населения, состоянию естественных экосистем, генофондам растений и животных.

Вред природной среде при различных антропогенных и стихийных воздействиях неизбежен, однако он должен быть сведен до минимума и быть экономически оправданным. Любые хозяйствственные или иные решения должны приниматься с таким расчетом, чтобы не превышать пределы вредного воздействия на природную среду. Установить эти пределы очень трудно, поскольку пороги воздействия многих антропогенных и природных факторов неизвестны. Поэтому расчеты экологического риска должны быть вероятностными и многовариантными.

По существующим правилам эксплуатации, секции труб заменяют после обнаружения утечки, т.е. поражение труб коррозией происходит раньше его обнаружения. Используя рассчитанные характеристики логарифмически нормального распределения, можно определить вероятности фактического выхода из строя трубопровода за представляющие наибольший интерес промежутки времени.

Параметры питтинговой коррозии (потенциал образования питтингов, скорость роста их глубины и др.) являются функциями многих параметров, которые при исследовании “фильтруют”, выбирая для дальнейших исследований наиболее существенно влияющие. Но пассивный эксперимент длится годами и десятилетиями, и те факторы, которыми при активном эксперименте вполне справедливо и необходимо пренебрегают, за длительное время оказывают влияние, которое не является пренебрежимо малым. Трубы, по которым транспортируется рабочая среда, ввиду их огромной протяженности подвержены влиянию разнообразных по составу и мощности воздействия факторов: неоднородности химического состава металла

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И РИСКОВ НА ГАЗОПРОВОДАХ

трубы и транспортируемых жидкостей и газов; температур окружающей среды; различной влажности грунта и др. Вследствие этого питтинги зарождаются и развиваются неодинаково на различных участках.

Составляя и исследуя регрессионную модель для функции отклика какого-либо параметра питтинговой коррозии, мы получаем зависимость для среднего значения исследуемого параметра (фактически для его математического ожидания) и рассчитываем дисперсию этой функции отклика.

Предположим, что в качестве функции отклика мы рассматриваем глубину питтинга или скорость ее роста. Используя выражение для функции отклика, интегрируя его, найдем и время развития глубины питтинга на всю толщину стенки трубы и другие параметры протекания этого процесса. С момента образования питтингов одни из них растут, другие погибают. Общее количество питтингов n , которые в итоге их развития проникают на всю глубину стенки трубы, образуя сквозные отверстия, можно рассчитать по формуле

$$n = \sum_{t=0}^t n(t) P(t), \quad (7)$$

где $n(t)$ – число питтингов, существующих в момент времени t ; $P(t)$ – вероятность того, что существующий в момент времени t питтинг проникнет на всю глубину стенки трубы.

Зная количество питтингов на исследуемом участке трубы и их средний диаметр, можно рассчитать, сколько за заданный промежуток времени вытечет через эти питтинги рабочей среды, и прогнозировать размер ущерба.

Приведенные рассуждения позволяют сделать вывод, что аварии на трубопроводе можно рассматривать как ординарный поток независимых случайных событий. Этот поток в течение времени, не превышающего 0,1 срока службы трубопровода, т.е. 2-3 лет, как показывает публикуемая в различных изданиях информация, является статистически равномерным. При этом функцию отклика системы можно с определенной точностью считать линейно зависимой от возмущающих факторов и, следовательно, линейно зависимой от времени. С течением времени стационарность потока отказов нарушается вследствие почти лавинообразного образования дефектов трубопровода, вызываемых коррозией металла (питтинговой, щелевой, поверхностной) и износом оборудования трубопровода. Аварии становятся более частыми и тяжелыми по их последствиям. Уменьшать степень риска аварий на трубопроводе можно двумя способами: принять защитные меры с целью уменьшения потерь от неблагоприятного события, не вмешиваясь в качество и структуру самого объекта, или изменить качество и режим эксплуатации самого объекта (применением более стойких к коррозии материалов, применением антикоррозийных покрытий и т.п.).

В условиях интенсивной антропогенной деятельности, иногда базирующейся на недостаточно высоком уровне научной и технической оснащенности и связанной с серьезными ошибками в технической и экологи-

ческой политике, проблема экологической безопасности окружающей природной среды представляется одной из наиболее актуальных. Реализация крупных проектов, помимо достижения планируемых положительных моментов, сопровождается возникновением негативных природно-антропогенных процессов, в результате которых всё общество несет громадные потери. Наиболее объективной оценкой уровня экологической безопасности антропогенной деятельности, объединяющей различные ее аспекты: технический, экономический, экологический и социальный, является оценка риска, которая позволяет для широкого класса явлений и процессов дать количественное описание экологических опасностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бубнова Н.Я., Логвина О.А., Таранцева К.Р. Экологическая безопасность и техногенный риск // Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: достижения, проблемы, перспективы : Международная научно-практическая конференция. – Пенза : МНИЦ, 2007. – С. 49 –53.
2. Логвина О.А., Казаков В.А. Анализ рисков при обеспечении безопасности газопроводов // Труды XXIII Международного симпозиума. – Маскат (Оман) : РГУИП, 2008. – С. 56.
3. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М. : Наука, 1982. – 320 с.
4. Shibata T. Statistical and stochastic approaches to localized corrosion // Corrosion (USA). – 1996. – V. 52, N. 1. – P. 813–830.

УДК 616.151.5

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕМОСТАЗА

© *М.А. Сидорова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)*
© *Н.А. Сержантова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

METHODS OF HEMOSTASIS PARAMETERS RESEARCH

© *M.A. Sidorova, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*
© *N.A. Serzhantova, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

Рассмотрены вопросы поиска эффективных методов экспресс-диагностики тромбозов и эмболий. Сделан вывод о том, что для своевременного выявления тромбозов и предотвращения возможных осложнений необходимо внедрение скрининговой системы для формирования групп риска и выявления больных, нуждающихся в помощи специалиста. В качестве скринирующих были выбраны методы лабораторной диагностики параметров гемосаза.

Ключевые слова: скрининговые исследования, параметры гемостаза, исследования патологий, выявление тромбозов и эмболий, анализ методов, лабораторная диагностика.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕМОСТАЗА

Questions of search of effective methods the express-diagnosis of clottages and embolisms are surveyed. It is drawn a conclusion, for well-timed revealing clottages and prevention of probable complications introduction screening systems for formation of risk groups and revealing of the patients requiring the help of the expert is necessary. As screening methods of laboratory diagnostics of hemostasis parameters have been chosen.

Key words: screening researches, the parameters of hemostasis, research pathology, identification of clottages and embolisms, analysis of laboratory diagnostics methods.

E-mail: sidorova_mailbox@mail.ru; itmmbspgta@yandex.ru

Главным фактором формирования экологии окружающей среды сегодня является человек и его деятельность, которая крайне упростила ему жизнь и, вместе с тем, стала основным механизмом воздействия на его здоровья.

Рост городов, развитие промышленности и связанных с ней агентов, возрастание темпов жизни и умственных нагрузок – все это коренным образом изменило структуру заболеваемости и смертности современного человечества. Если в начале XX в. основным фактором этой структуры были эпидемические болезни, то в настоящее время на первый план вышли сердечно-сосудистые, онкологические, нервно-психические, желудочно-кишечные, эндокринные, легочные заболевания и травматизм. Ухудшение экологической обстановки является одним из факторов риска возникновения и развития таких патологий сердечно-сосудистой системы, как тромбозы и эмболии.

Возникновение и развитие тромбозов и эмболий объединяет целый ряд заболеваний и осложнений, в том числе и такие грозные сердечно-сосудистые нарушения, как инфаркт миокарда, инсульт, тромбоэмболия легочной артерии. С многогранной проблемой тромботических и эмболических закупорок кровеносных сосудов в своей повседневной практике сталкиваются кардиологи, неврологи, хирурги, онкологи, гинекологи, реаниматологи и многие другие специалисты.

Все заболевания и осложнения, вызванные тромбозами и эмболиями, можно разделить на две большие группы – тромбозы/эмболии венозного и артериального русла. Однако кровеносное русло едино, предрасполагающие факторы и инициирующие события для этих патологий нередко схожи, и потому атеротромботические проблемы и венозный тромбоэмболизм тесно взаимосвязаны. Больной с инсультом или инфарктом, имеющий серьезные нарушения гемостаза и вдобавок обретенный на вынужденную гиподинамию, часто переживает тромботические и тромбоэмбolicкие осложнения со стороны глубоких вен. В свою очередь, венозный тромбоз может стать причиной тяжелых, нередко фатальных гемодинамических нарушений, вызвав тромбоэмболию легочной артерии или парадоксальный инсульт при открытом овальном окне [1].

В России венозным тромбозом ежегодно заболевают 240000 человек, а эмболия легочных артерий, в том числе фатальная, развивается у 100000 из них, что значительно превышает показатели заболеваемости туберкулезом, вирусным гепатитом, а также ВИЧ-инфекцией. По данным многочисленных патологоанатомических исследований [2], в 50-80 % случаев тромбоэмболия не диагностируется вообще, а во многих случаях ставится лишь предположи-

тельный диагноз. Посттромбофлебитическая болезнь (ПТФБ) как следствие повреждения венозной стенки и, в особенности, клапанов глубоких вен в ходе течения острого флеботромбоза глубоких вен является на данный момент серьезной проблемой флебологии. Тяжелое течение и развитие в отдаленном периоде ПТФБ нижних конечностей создает значительные социальные и экономические проблемы. Венозные тромбозы возникают в самых разнообразных клинических ситуациях и осложняют течение многих заболеваний. Частота развития послеоперационных тромбозов, по данным разных авторов, составляет 20-59 %. Результаты лечения как острого флеботромбоза, так и его последствий нельзя считать удовлетворительными [2].

Таким образом, предупреждение и лечение тромбозов является одной из важнейших задач повседневной клинической практики. Широкое распространение тромбозов и эмболий, высокая летальность, полиморфизм симптомов и осложнений, тяжелые последствия при несвоевременной диагностике нарушений подобного рода обусловливают актуальность исследований, направленных на поиск наиболее эффективных методов диагностики (как инвазивных, так и неинвазивных) и их усовершенствование [3 – 5].

Обзор существующих методов диагностики тромбозов и эмболий позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на достижения научно-технического прогресса в областях медицины и медицинской техники, существует слишком мало современных приборов для эффективной экспресс-диагностики и комплексного исследования тромбоэмболии. Существующие методы и диагностические методики не всегда дают четкую картину заболевания. К ним относятся современные методы флебографии, УЗИ-диагностики, ангиографии, рентгенографии, которые должны применяться в комплексе для постановки окончательного диагноза. В общем случае процесс постановки диагноза растягивается во времени, включает поэтапное проведение комплекса диагностических мероприятий и требует значительных материальных затрат. В связи с этим для своевременного выявления тромбозов и предотвращения возможных осложнений необходимо внедрение скрининговой системы для формирования групп риска и выявления больных, нуждающихся в помощи специалиста [6]. Были выявлены группы больных со склонностью к образованию тромбов и эмболов. К ним относятся больные: 1) находящиеся на длительном постельном режиме после операции; 2) с застойной хронической сердечной недостаточностью; 3) с сосудистым атеросклерозом; 4) опухолями; 5) беременные. У большинства из них не было выявлено нарушения гемостатических механизмов. Однако существуют определенные группы больных с врожденным или приобретенным состоянием гиперкоагуляции или претромбоза, предрасполагающим к рецидивирующему тромбозу [7 – 10]. Очевидно, что для решения поставленных задач по предварительной диагностике и профилактике тромбозов и эмболий, скрининговая система должна быть доступна населению, а следовательно, из ее состава автоматически исключаются технически сложное, дорогое оборудование, имеющееся в наличии лишь у небольшого количества специализированных диагностических центров.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕМОСТАЗА

Состояние гиперкоагуляции или претромбоза можно выявить с помощью детального анамнеза. При этом известны три диагностических критерия: 1) рецидивы тромбоэмболии без проявления упомянутых состояний; 2) семейная форма тромбоза; 3) подтвержденная склонность к тромбоэмболии у лиц подросткового и молодого возраста. До сих пор в клинической практике отсутствуют скрининг-тесты для определения состояния претромбоза. Однако ряд подобных нарушений выявляют с помощью иммунологических и функциональных методов.

Проведенные исследования показали, что для повышения качества диагностики тромбозов и эмболий целесообразно применение инвазивных методов лабораторной диагностики.

Всеми вопросами, связанными с лабораторными исследованиями, а проще – анализами, ведает специальная медицинская дисциплина – клиническая лабораторная диагностика. Наиболее важным и информативным в данном случае является анализ крови.

Биохимические механизмы коагуляции крови принято рассматривать как унифицированный процесс. В действительности же механизм свертывания крови варьирует в зависимости от локализации дефекта. Кроме того, отмечаются некоторые различия между гемостатическими пробками, образующимися в результате либо физиологической реакции на повреждение, либо патологического тромбоза. Чтобы подчеркнуть сходство, тромбоз часто описывают как коагуляцию без учета конкретного места и времени. Гемостатическая пробка или тромбы, которые образуются в венах с медленным кровотоком, богаты фибрином и эритроцитами, но содержат относительно мало тромбоцитов. Их часто называют красными тромбами, в связи с тем, что они образуются во время операций и в патологических участках. Рыхлые хвосты этих тромбов, которые обычно формируются в венах ног, могут отрываться и вызывать эмболию сосудов малого круга кровообращения. С другой стороны, сгустки, образованные в артериях в условиях ускоренного кровотока, состоят преимущественно из тромбоцитов и небольшого количества фибрина. Эти белые тромбы легко отделяются от артериальной стени, поэтому могут вызвать эмболию в отдаленном участке и служить причиной временной или устойчивой ишемии. Это особенно типично для сосудов мозга и сетчатой оболочки и может привести к временной неврологической дисфункции (преходящее нарушение мозгового кровообращения), включая временную одностороннюю слепоту (преходящая слепота), или к инсульту. Наконец, накапливаются данные о том, что инфаркт миокарда в большинстве случаев обусловлен тромбами, образующимися в атеросклеротически измененных коронарных артериях.

К основным скринирующим лабораторным методам при первичном гемостазе относятся: 1) оценка времени кровотечения (оценка функции тромбоцитов); 2) подсчет числа тромбоцитов. Последний метод особенно полезен, поскольку прост в выполнении и коррелирует с проявлением кровотечения.

При качественных изменениях тромбоцитов их число может быть не изменено, но удлиняется время кровотечения. Несмотря на то что время кровотечения у некоторых больных составляет более 10 мин., риск кровоте-

чений у них невелик, он не повышается до тех пор, пока время кровотечения не превысит 15-20 мин. Если неизвестен дефект в первичном гемостазе, необходимо провести специальное исследование с тем, чтобы определить причину дисфункции тромбоцитов. Точный диагноз имеет жизненно важное значение, поскольку больные с нарушением первичного гемостаза нуждаются в переливании тромбоцитарной массы, фракций плазмы, а также в лечении кортикоステроидами в зависимости от природы дефекта.

Функционально плазменные факторы коагуляции оценивают с помощью таких лабораторных тестов, как частичное (парциальное) тромбопластиновое время, протромбиновое время, тромбиновое время и количество фибриногена. Частичное тромбопластиновое время свидетельствует о внутренней функциональной недостаточности системы коагуляции и адекватности факторов XII, высокомолекулярного кининогена, прекалликреина, факторов XI, IX и VIII. Протромбиновое время определяет внешний (не свойственный), или тканевой, факторзависимый путь коагуляции. Оба теста позволяют оценить общие механизмы коагуляции, включая все реакции, происходящие после активации фактора X. Необходимость в специфическом методе оценки превращения фибриногена в фибрин появляется в том случае, если одновременно удлиняется частичное тромбопластиновое и протромбиновое время; в этом случае определяют либо тромбиновое время, либо уровень фибриногена. Тест на зависимый от фактора XIII перекрестно связанный фибрин, например определение времени растворения сгустка в 5 М растворе мочевины, следует проводить, если протромбиновое и частичное тромбопластиновое время соответствует норме, но в анамнезе имеются указания на кровотечения. Фибринолитическую систему «оценивают по скорости лизиса сгустков цельной крови или эзуглобулиновой фракции плазмы, а также уровню а-плазминового ингибитора. Если при проведении любого теста определяются изменения, то выяснить природу дефекта помогают специфические методы.

Не существует клинических тестов для прогнозирования гиперкоагуляции или претромботических нарушений, несмотря на то что в настоящее время в исследовательских лабораториях разработаны методы измерения малых пептидов, или ферментингибиторных комплексов, вырабатываемых в процессе коагуляции. Например, радиоиммунный метод предназначен для оценки фибринопептидов А и В комплекса тромбин – антитромбин и отщепляющихся фрагментов протромбина. У больных в состоянии претромботических нарушений и с тромбоэмболией повышен уровень этих продуктов. В настоящее время при подозрении у больного на гиперкоагуляцию необходимо проводить специфические тесты для скрининга ряда известных дефектов. Общепринятые методы исследования позволяют идентифицировать 10-20 % случаев тромбоза, что составляет лишь небольшую часть больных, обратившихся к врачу по поводу тромбоэмболии [7 – 10]. В связи с этим авторы предлагают увеличить количество скринирующих тестов. Современная медицина оперирует множеством различных биохимических показателей. С каждым годом предлагаются новые методы биохимического контроля нарушений гемостаза, и практикующему врачу достаточно сложно

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕМОСТАЗА

оценить все многообразие взаимосвязей этих показателей. При анализе параметров возникает ряд трудностей, связанных с невозможностью разграничить диапазоны нормальных и патологических значений параметров. Представление о нормальном функционировании системы гемостаза очень условно и не имеет четких рамок. Клинически трудно определить нормальную кровопотерю при каждой конкретной травме. А резистентность к протромботическим воздействиям вообще клинически оценить нельзя. Человек, не имевший в течение своей жизни ни одной тяжелой травмы, может никогда не узнать, что у него легкая форма коагулопатии. Относительно низкий уровень ингибитора свертывания крови может клинически проявиться тромбозом в старости или во время тяжелого заболевания, и развившийся тромбоз не будет оценен врачом правильно.

Поскольку лабораторные нормы определяют при исследовании здоровых лиц, врачи, как правило, не имеют четких границ нормальных показателей гемостаза. В сложных случаях диагноз строится на анализе лабораторных и клинических данных. Многие компоненты системы гемостаза лабильны, а на результаты анализа влияет целый ряд факторов [11]. Постановка диагноза, в общем случае сводящаяся к классификации состояния пациента как нормального или патологического, очень плохо алгоритмизируется. Поэтому в качестве основы для построения скрининговой системы были выбраны нейронные сети, так как они способны обучаться, а также обобщать накопленную информацию и вырабатывать ожидаемую реакцию применительно к данным, не обрабатывавшимся в процессе обучения. В связи с этим нейронные сети представляются полезным инструментом врача для выявления закономерностей биохимических данных, что позволяет использовать их для диагностических исследований и оценки эффективности интенсивной терапии. Исследованиям возможности применения нейронных сетей в различных областях знаний посвящено множество работ, однако нейросетевые системы для анализа параметров гемостаза ранее не применялись, поэтому алгоритмы применения нейронных сетей, архитектура системы и способы сопряжения ее с базами экспериментальных данных в настоящее время не проработаны.

Проведенные исследования показали, что совокупность нейронных сетей позволяет производить поэтапную систематизацию параметров биохимии крови, в результате которой на первом этапе выявляется отклонение тех или иных параметров от нормы, а на втором выделяются две области “патологии”. В конечном итоге ставится предварительный диагноз о наличии или отсутствии патологических состояний системы гемостаза. При этом для использования нейронных сетей не требуется наличия специальных аппаратных средств в учреждениях здравоохранения. Обработка параметров биохимии крови проводится на обычном ПК.

Ожидаемые результаты исследований являются важными для обеспечения своевременной и качественной диагностики нарушений в системе гемостаза на ранних стадиях развития заболеваний. Исследования являются основой создания скрининговой системы диагностики параметров гемостаза, предназначеннной для предварительной диагностики что, в конечном итоге, опосредовано определяет перспективы сохранения здоровья населения.

Практическое применение скрининговой системы позволит в дальнейшем сократить временные и материальные затраты пациентов на дорогостоящую диагностику тромбозов и эмболий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ратманова А. Тромбозы и эмболии: Всемирному дню инсульта посвящается // Medicine Review. – 2008. – 4 (04). – С. 1.
2. Цыплящук А.В. Оптимизация хирургического лечения острых эмбологенных флегботромбозов глубоких вен нижних конечностей : Автореф. дисс. ...канд. мед. наук. – Новосибирск, 2008.
3. Савельев В.С. Тромбоэмболия легочных артерий – классификация, прогноз и хирургическая тактика // Грудная хир. – 1985. – № 5. – С. 10 – 15.
4. Patil S., Henry J.W., Rubinfire M. et al. Neural network in the clinical diagnosis of acute pulmonary embolism // Chest. – 1993. – Vol. 104. – P. 1685-1689.
5. Goldhaber S.Z., Kessler C.M., Heit J.A. et al. Recombinant tissue-type plasminogen activator versus a novel dosing regimen of urokinase in acute pulmonary embolism: a randomized controlled multicenter trial // J. Amer. Coll. Cardiology. – 1992. – Vol. 20. – P. 24-30.
6. Гельман В.Я. Медицинская информатика. – СПб. : Питер, 2001.
7. Bloom A. L., Thomas D. P. (eds). Haemostasis and Thrombosis. – London: Churchill-Livingstone, 1981.
8. Colman R. W. et at. (eds). Hemostasis and Thrombosis: A Basic Principles and Clinical Practice. – Philadelphia: Lippincott, 1982.
9. Handin Hemorrhagic Disorders II. Platelets and purpura. – In: Hematology/ Ed. W. Beck. – 4th ed. – Cambridge: MIT Press, 1985, pp. 433 – 456.
10. Rosenberg R.D. Hemorrhagic disorders I. Protein interactions in the clotting mechanism. – In: Hematology/Ed. W. Beck. – 4th ed. – Cambridge: MIT Press, 1985. pp. 401 – 431.
11. Долгов В.В., Свирин П.В. Лабораторная диагностика нарушений гемостаза. – М. – Тверь : Триада, 2005.

УДК 66.063.61

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА КАПЕЛЬ ВОДЫ НА КРИТИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НАЧАЛА ИХ РАЗРУШЕНИЯ В ЭМУЛЬСИЯХ

© **K.B. Таранцев**, Пензенский государственный университет
(г. Пенза, Россия)

© **A.V. Коростелева**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

EFFECT OF DROPLET SIZE OF WATER ON THE CRITICAL VOLTAGE OF THEIR DESTRUCTION IN THE EMULSION

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

© **A.V. Korosteleva**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА КАПЕЛЬ ВОДЫ НА КРИТИЧЕСКОЕ...

Статья посвящена исследованию влияния диаметра капли воды на критическое напряжение начала ее разрушения в нефтепродуктах и определению оптимальных условий процесса диспергирования.

Ключевые слова: диспергирование, модельные среды, диаметр капли, напряженность поля.

Article is devoted to research of influence of diameter of a drop of water on critical tension of the beginning of its destruction in oil products and to definition of optimum conditions of process of a dispergirovaniye.

Key words: dispergirovaniye, modeling environments, diameter of a drop, intensity of a field.

E-mail: kvtar@bk.ru, anna-korostelyova@yandex.ru

Проблема переработки нефтесодержащих вод в настоящее время является актуальной научной и прикладной задачей в связи с возрастающим количеством таких отходов, загрязняющих поверхностные и подземные воды. Одним из вариантов утилизации этих отходов является их сжигание с нефтепродуктами, для чего необходима достаточная степень диспергирования воды.

Для оптимизации процесса диспергирования и разработки инженерных решений по защите окружающей среды необходимо исследовать влияние диаметра капли воды на критическое напряжение начала ее разрушения в нефтепродуктах.

Экспериментальные исследования проводились на установке, состоящей из электрической и оптической схемы (рисунок 1).

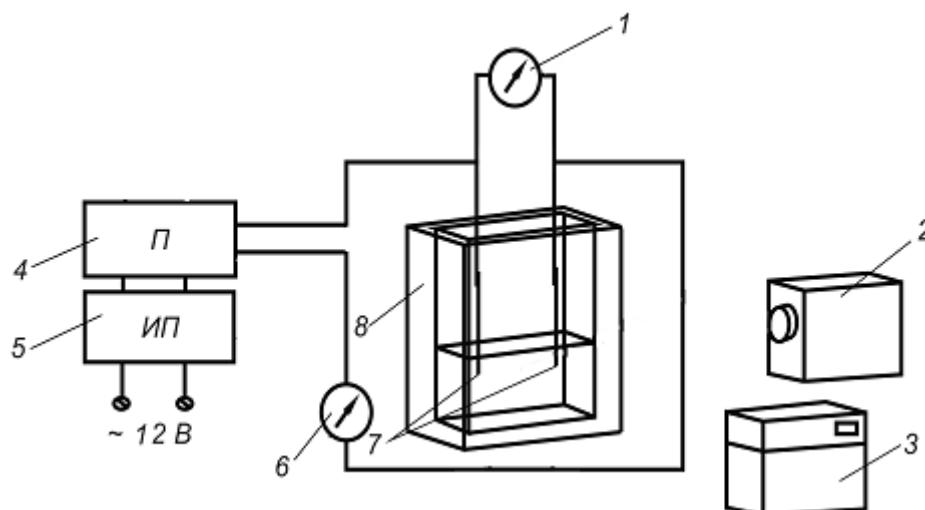


Рисунок 1 – Экспериментальная установка:

- 1 – микроамперметр; 2 – источник света; 3 – фотоаппарат;
4 – преобразователь высокого напряжения; 5 – источник питания,
6 – киловольтметр; 7 – электроды; 8 – кювета

Электрическая схема позволяла создавать разность потенциалов между электродами, расположенными в стеклянной кювете, от 0 до 20 кВ с по-

мощью высоковольтного преобразователя “Разряд 1”. Управление его выходным напряжением осуществлялось регулированием входного напряжения от 0 до 12 В. Прямоугольная кювета размером 70x65x30 мм была склеена из зеркального стекла толщиной 5 мм. В кювете закреплялись плоские медные электроды размером 30x70 мм.

Оптическая схема была предназначена для регистрации происходящих процессов и состояла из системы освещения и фото-киноаппаратуры.

Поскольку нефть и вода в чистом виде являются диэлектриками и проводимость их сильно колеблется в зависимости от содержания в них различных веществ, а электропроводность нефтяных эмульсий обусловливается не только количеством содержащейся воды и степенью ее дисперсности, но и количеством растворенных в этой воде солей и кислот, эксперименты проводились на модельных средах со свойствами, имитирующими водонефтяные эмульсии (табл. 1).

Таблица 1 – Физико-химические свойства модельных сред при температуре 20 °C

Жидкость	Электропроводность σ , ($\Omega \cdot \text{см}$) ⁻¹	Относительная диэлектрическая проницаемость среды ε	Плотность γ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Динамическая вязкость η , $\text{мПа}\cdot\text{с}$
Вода	$1,5 \cdot 10^{-3}$	80,08	1000	1,01
Касторовое масло	$4,0 \cdot 10^{-11}$	4,50	951	1252,16
Трансформаторное масло	$5,0 \cdot 10^{-14}$	2,20	881	21,71
Нефть	$1,0 \cdot 10^{-10}$	2,2	884	474

В данном случае выбор касторового масла был обусловлен тем, что касторовое масло, в отличие от темных нефтепродуктов, прозрачно, кроме того, его большая вязкость, а следовательно, и малая скорость осаждения капель воды позволяют проследить и зарегистрировать различные электрогидродинамические течения вблизи капли, процесс ее деформации, а затем разрушения в электрическом поле [4 – 6].

Были проведены эксперименты, позволившие выявить диапазон напряженностей электрического поля, в котором наблюдается явление разрушения капли под действием сил электрического поля.

Результаты эксперимента для процесса разрушения капель воды диаметром от 1 до 8 мм в касторовом масле в электрическом поле различной напряженности представлены на рисунке 2.

Из представленных результатов видно, что с уменьшением размера капель воды напряженность поля, необходимая для их разрушения, увеличивается, следовательно, в процессе электродиспергирования, по мере уменьшения размеров капель в рабочей зоне аппарата, необходимо увеличивать напряженность электрического поля.

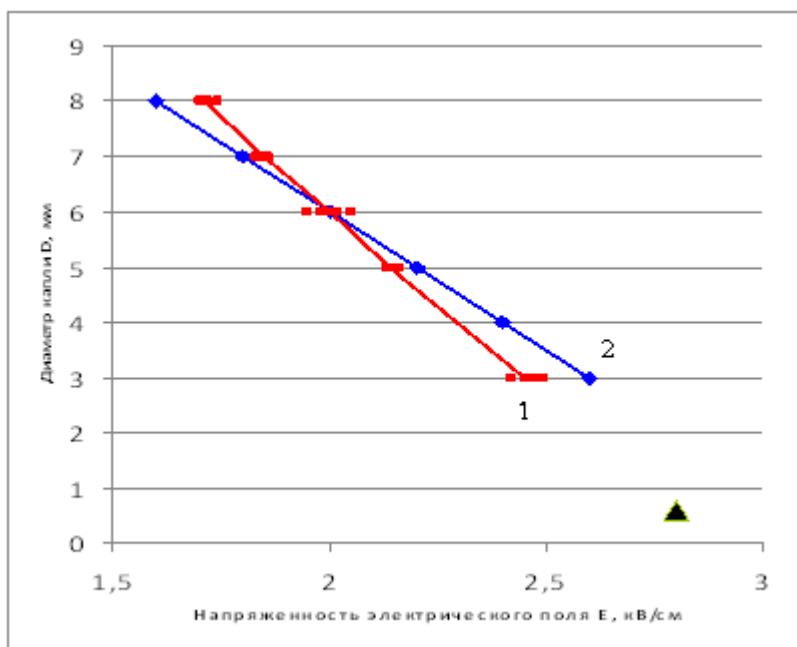


Рисунок 2 – Влияние диаметра капли на критическое напряжение начала ее разрушения в электрическом поле:

1 – эксперимент; 2 – результаты расчета

Полученные результаты исследования согласуются с результатами С. Торза, Р. Кокса, С. Мейсона [3], полученными при разрушении капли воды в касторовом масле, В.Г. Беньковского [1] – при диспергировании воды в нефти, и Г.М. Панченкова [2] – при электрическом диспергировании водяных капель, взвешенных в углеводородах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беньковский В.Г. Диспергирование воды в электрическом поле // Коллоидный журнал. – 1953. – № 1. – С. 3 – 5.
2. Панченков Г.М., Цабек Л.К. Поведение эмульсий во внешнем электрическом поле. – М. : Химия, 1969. – 181 с.
3. Торза С., Кокс Р., Мейсон С. Электрогидродинамическая деформация и разрыв капель // Реология супензии. – М. : Мир, 1975. – С. 285 – 333.
4. Таранцев К.В., Коростелева А.В. Исследование процесса разрушения капель воды в слабопроводящих жидкостях под воздействием электрического поля // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2011. – № 26. – С. 666 – 671. – (Физико-математические и технические науки).
5. Таранцев К.В., Красная Е.Г., Коростелева А.В. Расчет распределения напряженности в межэлектродном пространстве электрогидродинамических устройств численными методами // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2011. – № 26. – С. 654 – 660. – (Физико-математические и технические науки).

6. Таранцев К.В., Красная Е.Г., Коростелева А.В. Моделирование процессов в межэлектродном пространстве электрогоидродинамических устройств // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2011. – № 26. – С. 661 – 665. – (Физико-математические и технические науки).

УДК 616.1:577.1

РОЛЬ ИММУНО-БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ С КАРДИОПАТОЛОГИЕЙ

- © **Н.Ю. Келина**, Пензенская государственная технологическая академия
(г. Пенза, Россия)
- © **В.В. Пикулин**, Пензенская государственная технологическая академия
(г. Пенза, Россия)
- © **Т.Ю. Мамелина**, Пензенская государственная технологическая академия
(г. Пенза, Россия)
- © **О.А. Куликова**, Пензенская государственная технологическая академия
(г. Пенза, Россия)
- © **С.Н. Петроченко**, ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)
- © **В.С. Морозова**, ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)
- © **М.А. Мягкова**, ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)

THE ROLE OF IMMUNO-BIOCHEMICAL ANALYSIS IN ASSESSMENT OF PATIENTS WITH KARDIOPATOLOGIEJ

- © **N.J. Kelina**, Penza State technological Academy (Penza, Russia)
- © **V.V. Pikulin**, Penza State technological Academy (Penza, Russia)
- © **T.J. Mamelina**, Penza State technological Academy (Penza, Russia)
- © **O.A. Kulikova**, Penza State technological Academy (Penza, Russia)
- © **S.N. Petrochenko**, IFAV the Russian Academy of Sciences
(Chernogolovka, Russia)
- © **V.S. Morozova**, IFAV the Russian Academy of Sciences
(Chernogolovka, Russia)
- © **M. A. Myagkova**, IFAV the Russian Academy of Sciences
(Chernogolovka, Russia)

Статья посвящена изучению уровня естественных антител к -эндорфину, брадикинину, гистамину, дофамину, серотонину иммуноферментным методом и взаимосвязи между тяжестью таких заболеваний, как гипертоническая болезнь, гипертоническая болезнь и ишемическая болезнь сердца.

Ключевые слова: иммуноферментный анализ, уровень естественных антител, кардиопатология.

РОЛЬ ИММУНО-БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ОЦЕНКЕ...

Level natural antibody to β -endorphine, bradikinine, to a histamine, dofaminume, serotonin immunoenzymatic is investigated by a method and interrelations between weight of such diseases as hypertonic illness, hypertonic illness and an ischemic heart disease.

Key words: immunoenzymatic the analysis, level of natural antibodies endogene to bioregulators, kardiopatologia.

E-mail:nukelina@yandex.ru

Одно из важнейших и многообещающих направлений современной медицины связано с новыми возможностями диагностики раннего выявления прогрессирующих патологических изменений в организме. В частности, с созданием методов анализа кардиологических заболеваний, основанных на передовых разработках отечественных ученых.

В ходе изучения биохимических механизмов развития патологии было замечено, что существует взаимосвязь между тяжестью таких заболеваний, как гипертоническая болезнь, гипертоническая болезнь и ишемическая болезнь сердца и изменением иммунного статуса человека.

Современный подход к выбору лабораторной оценки состояния нарушений гомеостаза определяет актуальность иммуно-биохимического мониторинга у больных гипертонической болезнью [4].

В настоящее время интенсивно развивается научное направление биохимии, связанное с изучением функционирования гуморального звена иммунной системы.

Известно, что у здорового человека в течение жизни синтезируется индивидуальный по своим иммунохимическим свойствам набор естественных антител, выполняющих многообразную регуляторно-гомеостатическую функцию.

Патологические состояния сопровождаются качественными и количественными изменениями уровня специфических естественных антител к ряду эндогенных биорегуляторов (β -эндорфину, серотонину, дофамину, гистамину и др.), которые, как правило, участвуют в механизме развития заболевания [3].

Были получены научные данные, показывающие, что при возникновении и развитии кардиологических заболеваний происходит специфическое изменение гуморального иммунитета. Это выражается в дисбалансе уровня тех естественных антител, которые связывают эндогенные биорегуляторы, участвующие в патогенезе, и тем самым выявляют индивидуальные нарушения в иммунном портрете человека.

Синтез естественных антител отражает биохимическую индивидуальность организма человека. Естественные антитела, различающиеся специфичностью, представляют тонкую и всеохватывающую систему регуляции гомеостаза на молекулярном уровне, которая координирует различные процессы, происходящие в организме, путем взаимодействия с соответствующими антигенами.

Такие антитела обладают способностью связывать эндогенные биорегуляторы и устранять их нежелательные физиологические эффекты при

повышенных концентрациях в случае патологического состояния организма. В связи с этим содержание естественных антител может взаимодействовать с характером и тяжестью течения заболевания, обусловленного нарушением обмена эндогенного компонента.

Полученные данные открывают перспективу для дальнейшего исследования регуляторной и патогенетической роли естественных антител. В этом аспекте актуальным является изучение состава естественных антител в крови человека к нейромедиаторам и пептидам.

В связи с этим логичным представляется оценка изменения в крови естественных антител к биорегуляторам, которое может служить объективным параметром, характеризующим взаимодействие центральной нервной системы с гуморальным звеном иммунитета при патологических нарушениях организма человека.

Возникновение и развитие патологического процесса в организме сопровождается метаболическими и функциональными нарушениями. Анализ литературных данных показал, что не существует каких-либо данных по выбору специфических антител к биорегуляторам, в частности естественных антител к β -эндорфину, брадикинину, гистамину, дофамину, серотонину для их использования в практике клинико-лабораторных центров в качестве прогностических тестов оценки тяжести состояния больных с кардиологической патологией [1, 2].

Мы предположили, что для этого целесообразно провести сопоставление параметров клинико-лабораторного анализа крови, традиционно применяемых в практике диагностики, и прогноза течения заболевания и уровня естественных антител к биорегуляторам в сыворотке крови пациентов, страдающих сердечными заболеваниями. Это позволило бы не только обеспечить оценку тяжести состояния пациента, но и предположить возможное течение заболевания.

Целью настоящего исследования явилось определение роли специфических маркеров уровня естественных антител (e-Ат) к биорегуляторам путем сравнительного анализа клинико-биохимических и иммунологических параметров в сыворотке крови пациентов при развитии кардиологических заболеваний.

Материал и методы исследования. Обследовано 45 пациентов с гипертонической болезнью, 53 больных с гипертонической болезнью и ишемической болезнью сердца. Группа сравнения – это данные клинико-лабораторного обследования у 21 донора, у которых не выявлены патологические изменения в организме. Средний возраст обследуемых пациентов находился в интервале от 40 до 75 лет. В сыворотке крови анализируемых больных определяли уровень e-Ат, специфически реагирующие с пептидами: в-эндорфином, брадикинином, серотонином, дофамином и гистамином. Проведено традиционное клинико-лабораторное обследование.

Статистический анализ изменений изучаемых параметров проводился с использованием компьютерной программы SPSS для обработки полученных данных. В спектре макро- и микрометabolитов, форменных элемен-

РОЛЬ ИММУНО-БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ОЦЕНКЕ...

тов крови и уровня естественных антител, определяемых в сыворотке крови у больных с кардиологическими заболеваниями, выделены параметры, имеющие прогностическую и диагностическую значимость.

Результаты и обсуждение

Определение тяжести состояния организма больного с кардиологической патологией с помощью клинико-лабораторного анализа опирается на системный подход и использует доступные и в то же время информативные показатели.

При клинико-лабораторном обследовании пациентов анализируемых групп наблюдается четкая картина изменения уровня специфических антител к некоторым эндогенным биорегуляторам в сыворотке крови.

В результате было обнаружено, что все пациенты с гипертонической болезнью имели значительно более высокий уровень е-Ат к эндогенным биорегуляторам по сравнению с анализируемыми параметрами в группе контроля. Выявлено достоверное увеличение изучаемых параметров уровня е-Ат у больных с гипертонической болезнью по отношению к параметрам в контрольной группе доноров, оно составило: к β -эндорфину $0,58 \pm 0,13$; к е-Ат к брадикинину $0,66 \pm 0,14$; к серотонину $0,73 \pm 0,16$; к дофамину $0,71 \pm 0,16$ и к гистамину $0,78 \pm 0,17$ ед.опт.пл. У больных с гипертонической болезнью и ишемической болезнью сердца уровень естественных антител к β -эндорфину был увеличен на 46 %, к гистамину – на 62 %, к брадикинину – на 36 %, к дофамину – на 49 %, к серотонину – на 65 % по отношению к параметрам в группе сравнения.

В анализе блока клинико-биохимических параметров в сопоставлении с уровнем естественных антител при гипертонической болезни и при гипертонической болезни и ишемической болезни показана информативность комплексной оценки тенденций их изменений.

Установлена взаимосвязь корреляционных параметров между общепринятыми лабораторными показателями и иммунологическими тестами, отражающими нарушение систем функции регуляции на уровне образования естественных антител к биорегуляторам в сыворотке крови.

Выделены маркерные критерии, характеризующие степень тяжести состояния организма по совокупному вкладу отдельных параметров в нарушение метаболических процессов в организме больного, страдающего кардиологическими заболеваниями.

На основании проведенного статистического анализа и выделенных приоритетных метаболитов в сыворотке крови пациентов с кардиопатологией предлагается проект создания специализированной информационной системы (ИС) для накопления и обработки данных о проводимых диагностических клинико-лабораторных исследованиях в специализированном кардиологическом отделении ЛПУ. В базе данных специализированной ИС должны накапливаться (с “привязкой” ко времени) данные:

1) о нозологических характеристиках заболевания согласно классификатору “Международная статистическая классификация болезней: класс IX Болезни систем кровообращения”. Этот класс содержит следующие блоки:

- I 10- I 15 – болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением;
- I 20- I 25 – ишемическая болезнь сердца;
- 2) о значениях показателей, характеризующих состояние иммуно-биохимического мониторинга пациента. В унифицированный клинико-биохимический и иммуно-биохимический спектр исследований в сыворотке крови пациента включены параметры уровня естественных антител к -эндорфину, гистамину, брадикинину, дофамину и серотонину.

Таким образом, ИС должна обеспечивать накопление первичных данных о проводимых исследованиях (с “привязкой” ко времени для последующего оценивания тенденций в изменении значений оцениваемых показателей и учитываемых факторов), обработку по соответствующим методам, формирование данных для принятия решений; ИС может использовать программу SPSS для обработки полученных данных.

Данный подход, предусматривающий создание ИС, в перспективе позволяет проводить диагностику и прогнозирование течения заболевания с учетом наличия и выявления клинико-биохимических особенностей организма пациента, проживающего в экологически неблагоприятном регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Определение естественных антител к эндогенным биорегуляторам в технологиях оценки риска у больных с кардиологической патологией / Келина Н.Ю., Мамелина Т.Ю., Романова Л.Н. [и др.] // Технологии живых систем. – Том 9, № 2. – М. : ЗАО “Радиотехника”, 2012. – С. 61 – 65.*
2. *Келина Н.Ю. Итоги и перспективы развития научно-исследовательской работы по экологии человека // Экология человека: концепция факторов риска, экологической безопасности и управления рисками : Сб. ст. V Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза : РИО ПГСХА, 2008. – С. 5 – 7.*
3. *Петроченко С.Н. Иммуноферментный анализ естественных антител к биогенным аминам и опиоидным пептидам в сыворотке крови человека : Автореф. дисс. ...канд. биол. наук. – М., 2009. – 24 с.*
4. *Справочник по лабораторным методам исследования / Под ред. Л.А. Даниловой. – СПб. : Питер, 2003. – 736 с.*

УДК 66.063.61:537.84

СПОСОБЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ

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

© *Е.Г. Красная, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

WAYS TO IMPROVEMENT OF DESIGN HORIZONTAL ELEKTRODEGIDRATORS

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

© E.G. Krasnaya, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

Статья посвящена способам совершенствования конструкций горизонтальных электродиспергаторов с учетом гидродинамических и электрофизических параметров их эксплуатации. Предложены варианты модернизации для горизонтальных электродегидраторов.

Ключевые слова: электродиспергаторы, конструкция, модернизация, физико-химические характеристики, эмульсия.

The article is devoted to ways of improving the design of horizontal elektrodispergatorov taking into account the hydrodynamic and electrical parameters of their operation. Upgrade options for the horizontal elektrodegidratorov are proposed.

Key words: elektrodispergator, design, modernization, physico-chemical characteristics of the emulsion.

E-mail: kvtar@bk.ru, krasna-elena@mail.ru

Производительность любого электродегидратора ограничивается, главным образом, скоростью осаждения взвешенных в нефти частиц воды, поэтому для сравнения эффективности электродегидраторов различных конструкций и форм можно сопоставить значения линейной скорости движения нефти в этих аппаратах при одной и той же удельной производительности (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Расчет условных линейных скоростей подъема нефти в зоне электрородов различных электродегидраторов при производительности [1]

Показатели	Электродегидраторы		
	вертикальный	шаровой	горизонтальный
Объем $V, \text{м}^3$	$\frac{\pi D^2}{4}H = \frac{\pi \cdot 3^2}{4}4,4 = 30$	$\frac{\pi D^2}{6} = \frac{\pi \cdot 10,5^2}{6} = 600$	$\frac{\pi D^2}{4}l = \frac{\pi \cdot 3^2}{4}17,6 = 160$
Сечение $S, \text{м}^2$	$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 3^2}{4} = 7$	$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 10,5^2}{4} = 86$	$Dl = 3,4 \cdot 17,6 = 60$
Линейная скорость $V/S, \text{м/ч}$	$\frac{\pi D^2}{4}H$ $\frac{\pi D^2}{4} = H = 4,3$	$\frac{\pi D^2}{6} = \frac{2}{3}D = 7$	$\frac{\pi D^2}{4}l$ $\frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi D}{4} = 2,7$

Примечание: D – диаметр аппарата, м; H – высота аппарата, м; l – длина аппарата, м.

Из таблицы видно, что самые малые скорости возникают в горизонтальных электродегидраторах, они примерно в 3 раза меньше скоростей в шаровых электродегидраторах при такой же удельной загрузке аппарата. Этим объясняется высокая производительность горизонтального электродегидратора на единицу объема.

С самой большой скоростью движется нефть в шаровом электродегидраторе, а с самой малой – в горизонтальном электродегидраторе. С учетом сравнительно небольшой толщины стенки горизонтального электродегид-

ратора и его большой удельной производительности при его использовании достигается большая экономия металла по сравнению с шаровым электродегидратором. Поэтому наиболее широкое распространение получили горизонтальные электродегидраторы, гидродинамические характеристики и технико-экономические показатели которых оказались наилучшими (наименьшая скорость потока и наибольшая производительность). В настоящее время в мире выпускается большое разнообразие конструкций горизонтальных электродегидраторов [1].

В области совершенствования электродегидраторов выделяют следующие основные направления [2 – 4]:

1. Оптимизация электродных систем, создающих неоднородное электрическое поле для интенсификации процессов коалесценции в приэлектродных зонах.

2. Повышение эффективности коалесценции турбулизацией промывочной воды и создание благоприятных гидродинамических условий, способствующих отстаиванию воды.

3. Введение нефти в межэлектродное пространство трехэлектродных электродегидраторов и увеличение объема электрического поля.

4. Увеличение производительности электродегидраторов за счет улучшения условий осаждения капель, приводящих к увеличению концентрации капель и, следовательно, к уменьшению расстояния между этими каплями, и вследствие этого интенсификации процесса их коалесценции в электрическом поле.

5. Уменьшение застойных зон и взаимодействие нефти с дренажной водой, способствующие образованию более высокодисперсных эмульсий.

6. Оптимизация межэлектродного расстояния с целью увеличения напряженности электрического поля и увеличения силы притяжения между поляризованными каплями.

7. Использование в вертикальных электродегидраторах встроенных струйных смесителей и колоколообразных электродов вместо горизонтальных решетчатых электродов, т. е. установка ряда электродов системы „коаксиальные цилиндры».

8. Использование выносных электродов электродегидраторов (электроакоалесценторов), обладающих более высокими эксплуатационными характеристиками.

9. Покрытие внешнего электрода слабопроводящим материалом или введение дополнительной слабопроводящей перегородки, например стеклянной, или возвращение небольшой части сухой нефти вокруг центрального электрода. Такой поток будет выполнять роль экрана вокруг центрального электрода и разрушать структуры из водяных капель, замыкающие электроды.

10. Зону осаждения желательно разделить осадительными полками, уменьшающими время оседания капель воды и покрывать эти полки гидрофильтром материалом, ускоряющим процесс слияния капель.

Решающими факторами, определяющими выбор метода разрушения водонефтяных эмульсий, являются свойства самой эмульсии, поэтому при-

СПОСОБЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ...

менению того или иного способа разрушения эмульсии должны предшествовать тщательное изучение свойств самой эмульсии и сопоставление технико-экономических показателей различных методов деэмульсации.

На основании проведенного нами анализа выделены основные направления способов повышения эффективности горизонтальных электродегидраторов [5 – 11]:

- оптимизация формы и размеров электродов, создающих электрическое поле, для интенсификации процессов коалесценции в рабочей зоне;
- создание благоприятных гидродинамических условий, способствующих отстаиванию воды;
- оптимизация структуры потоков в рабочей зоне с целью увеличения напряженности электрического поля, без возникновения условий для короткого замыкания, через водяные цепочки.

В настоящее время система разработки промышленных аппаратов состоит из нескольких этапов: накопления эмпирических данных; создания лабораторной, пилотной установки, промышленного образца. Существующий подход увеличивает затраты, сроки проектирования и модернизации аппаратов, кроме того, не всегда учитывает изменения параметров входных потоков (состава, свойств и др.) и непостоянство технологических режимов в промышленных аппаратах. Это является причиной снижения мощности и эффективности процесса, и выбранные решения зачастую являются нерациональными.

В связи с этим, исследование процесса разрушения водонефтяных эмульсий в электрическом поле для определения оптимальных параметров процесса электродегидратации целесообразно проводить в лабораторных условиях (на макетах), а для разработки инженерных решений по конструктивному оформлению процесса электродегидратации применять методы математического моделирования. Это позволит на стадии предпроектной разработки определять оптимальные конструкции электродегидраторов, обеспечивающие необходимую эффективность процесса при изменении параметров входных потоков и технологических режимов.

Нами на основе проведенных расчетов были предложены способы модернизации существующих горизонтальных электродегидраторов и разработана новая конструкция электродегидратора с двумя зонами контакта фаз, которые предлагается внедрить в уже существующую технологическую схему обезвоживания (обессоливания) нефти (рисунок 1) [5 – 11]. Электрообессоливающие установки проектируют двухступенчатыми: в электродегидраторах I ступени удаляется 75-80 % (масс.) соленой воды и 95-98 % (масс.) солей, а в электродегидраторах II ступени – 60-65 % (масс.) оставшейся эмульсионной воды и примерно 92 % (масс.) оставшихся солей. Число устанавливаемых электродегидраторов при двухступенчатом обессоливании зависит от объема и качества (т. е. содержания воды, солей и стойкости эмульсий) обрабатываемой нефти, от типа и производительности аппарата. Для современных электрообессоливающих установок проектируют только горизонтальные электродегидраторы. Преимуществами горизонталь-

ных аппаратов являются: большая площадь электродов, следовательно, и большая удельная производительность (объем нефти на единицу сечения аппарата); меньшая вертикальная скорость движения нефти, а значит, и лучший отстой воды; возможность проведения процесса при более высоких температурах и давлениях.

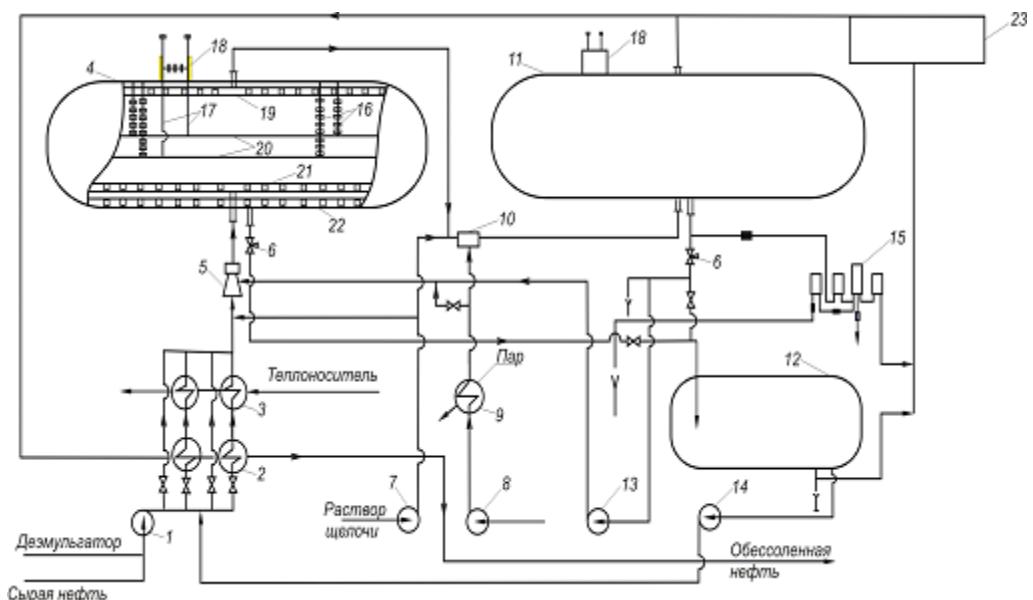


Рисунок 1 – Аппаратурно-технологическая схема электрообессоливающей установки: 1, 7, 8, 13, 14 – насосы; 2 – теплообменники; 3, 9 – подогреватели; 4, 11 – электродегидраторы; 5 – смеситель; 12 – отстойник; 15 – смотровой фонарь. Устройство электродегидратора: 16 – подвесные изоляторы; 17 – шины подвода электрического тока; 18 – трансформатор; 19 – коллектор обессоленной нефти; 20 – электроды; 21 – распределитель ввода сырья; 22 – коллектор соленой воды; 23 – модуль экологического мониторинга и контроля

Эксплуатация электродегидраторов связана с определенными трудностями. Электродегидраторы чувствительны к изменению состава сырья, обводненности, скачкам производительности. Особенно трудно поддерживать электрический режим при обессоливании нефтей, образующих устойчивые эмульсии. Во многих случаях качество обессоливания нефти на нефтеперегонных заводах не отвечает современным требованиям.

Предложены варианты модернизации для наиболее распространенных в РФ горизонтальных электродегидраторов с плоской системой электродов. Предложено в существующих электродегидраторах в дополнение к плоской системе электродов установить электроды, образующие каналы для прохождения нефти вначале через конфузор, затем через зону постоянного сечения и, на последнем этапе, через диффузор, и организовать процесс с возвратом части выходящего потока сухого нефтепродукта (рисунок 2).

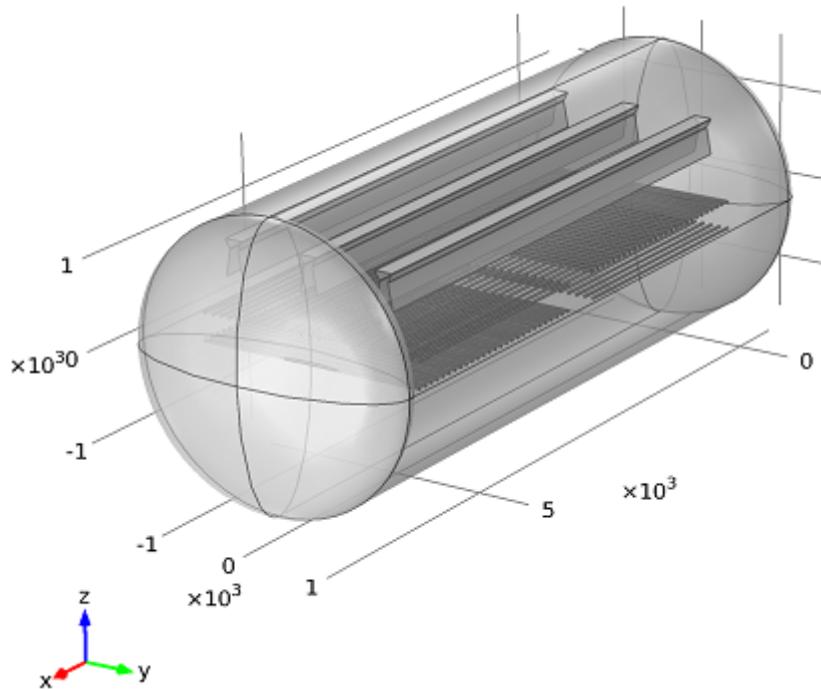


Рисунок 2 – Электродегидратор с дополнительной системой электродов в виде конфузора и диффузора

Это позволяет изменить структуру потоков в электродегидраторе и увеличить степень обезвоживания нефтепродукта. Допускается их дополнительная установка к существующей плоской системе электродов, т.е. организация двухступенчатого процесса разделения водонефтяной эмульсии.

Для вновь разрабатываемых конструкций предлагается учитывать возможность первичной обработки нефтепродукта в электроалесценторе с последующим отстаиванием для влажного нефтепродукта и электродегидраторе с двумя зонами контакта для сухого нефтепродукта, что позволит учесть механизм коалесценции капель в электрическом поле.

Разработанные модели могут быть рекомендованы для анализа существующих электродегидраторов с целью улучшения условий их работы, и для подбора оптимальной конструкции вновь проектируемых электродегидраторов с учетом физико-химических характеристик исходных эмульсий при проектировании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Левченко Д.Н. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения / Левченко, Д.Н., Бергштейн Н.В., Худякова Н.М., Николаева З.М. – М. : Химия, 1967. – 200 с.
2. Гершуни С.Ш. Модернизация электродегидраторов и пути повышения эффективности их использования. – М. : ЦНИИТЭнефтехим, 1986. – 59 с.

3. Проскуряков В.А. *Очистка нефтепродуктов и нефтекодергажающих вод электрообработкой* / Проскуряков В.А., Смирнов О.В. – СПб. : Химия, 1992. – 112 с.
4. Лейбовский М.Г. *Оборудование для очистки жидкостей в электрическом поле. Химическое и нефтеперерабатывающее машиностроение.* – М. : ЦИНТИХИМнефтемаш, 1987. – 46 с.
5. А.с. 1813485 СССР. *Горизонтальный электродегидратор* / Л.А. Дритов, А.М. Раззорилов, К.В. Таранцев. – Опубл. 07.05.93. – Бюл. № 17.
6. Таранцев К.В. *Исследование электрогидродинамических течений на плоской границе раздела фаз жидкость – жидкость* // *Химическое и нефтегазовое машиностроение.* – 2010. – № 2. – С. 7 – 9.
7. Таранцев К.В. *Исследование электрогидродинамических течений сред на границе раздела фаз газ – жидкость* // *Химическое и нефтегазовое машиностроение.* – 2009. – № 11. – С. 8 – 10.
8. Таранцев К.В., Красная Е.Г., Коростелева А.В. *Расчет распределения напряженности в межэлектродном пространстве электрогидродинамических устройств численными методами* // *Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского.* – 2011. – № 26. – С. 654 – 660. – (Физико-математические и технические науки).
9. Таранцев К.В., Красная Е.Г., Коростелева А.В. *Моделирование процессов в межэлектродном пространстве электрогидродинамических устройств* // *Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского.* – 2011. – № 26. – С. 661 – 665. – (Физико-математические и технические науки).
10. Таранцев К.В., Таранцева К.Р. *Оптимизация параметров электрогидродинамических эмульгаторов* // *Химическое и нефтегазовое машиностроение.* – 2002. – № 10. – С. 6 – 7.
11. Таранцев К.В., Таранцева К.Р. *Конструкции электрогидродинамических эмульгаторов* // *Химическое и нефтегазовое машиностроение.* – 2002. – № 8. – С. 7 – 8.

УДК 615.014.2

**НАНОСИСТЕМЫ ДЛЯ БУККАЛЬНОЙ
И СУБЛИНГВАЛЬНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ**

© **М.И. Яхкинд**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **К.Р. Таранцева**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

NANOSYSTEMS FOR BUCCAL AND SUBLINGUAL DRUG DELIVERY

© **M.I. Yakhkind**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© **K.R. Tarantseva**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

НАНОСИСТЕМЫ ДЛЯ БУККАЛЬНОЙ...

Настоящий обзор составлен по результатам поиска в научной литературе и патентах наносистем, предназначенных для буккальной и сублингвальной доставки лекарств. Такие наносистемы обнаружены для 8 лекарственных веществ для системного применения и 8 лекарственных веществ для местного действия. Произведен анализ этих наносистем по лекарственным веществам и носителям. Полученную информацию можно использовать при выборе носителей для наносистем для буккальной и сублингвальной доставки лекарств. Данный обзор входит в серию обзоров, посвященных наносистемам для различных способов неинвазивной доставки лекарств.

Ключевые слова: наносистемы, лекарства, носители, буккальная доставка, сублингвальная доставка.

This review is compiled on the results of search in the scientific literature and patents of nanosystems intended for buccal and sublingual drug delivery. These nanosystems were found for 8 pharmaceuticals for system use and 8 pharmaceuticals for local application. The analysis of these nanosystems was carried out for pharmaceuticals and carriers. The obtained information can be used when choosing carriers for nanosystems for buccal and sublingual drug delivery. This review is included in a series of the reviews devoted to nanosystems for various modes of noninvasive drug delivery.

Key words: nanosystems, drugs, carriers, buccal delivery, sublingual delivery.

E-mail: yah@mail333.com; krtar@bk.ru

Буккальное или сублингвальное введение лекарств (через мукозу полости рта) значительно уступает по частоте использования интраназальному введению, хотя различия между ними выглядят незначительными. Тем более оно уступает пероральному введению, которое, несомненно, является наиболее популярным способом неинвазивной доставки лекарств. Вероятно, это связано с тем, что при буккальном и сублингвальном введении препараты достаточно легко уходят со слюной в пищевод и далее в желудочно-кишечный тракт, и необходимо предпринимать соответствующие меры против этого, что создает определенные неудобства при использовании этого способа введения.

Соответственно, количество наносистем для буккальной или сублингвальной доставки лекарств существенно меньше, чем наносистем для интраназальной доставки и для целевой доставки лекарств из носа в мозг, которые были рассмотрены в двух первых обзораах наносистем для различных способов неинвазивной доставки лекарств, описанных в научной литературе и патентах. Видимо, поэтому нами не были обнаружены обзоры, в которых специально рассматривался бы этот способ доставки нанопрепаратов.

Все обнаруженные нами наносистемы для буккальной и сублингвальной доставки, хотя их и немного, рассмотрены отдельно в данном обзоре – для полноты охвата всех способов неинвазивной доставки лекарств.

Известные наносистемы для буккальной и сублингвальной доставки лекарств

В таблице 1 приведены обнаруженные при поиске в научной литературе и патентах наносистемы, предназначенные для буккальной и сублингвальной доставки лекарств. В ней они расположены по лекарственным веществам и их группам.

Таблица 1 – Наносистемы для букальной и сублингвальной доставки лекарств

Препарат	Фармакологическая группа / действие	Носитель	Ссылки	Примечания
1	2	3	4	5
<i>Белки и пептиды для системного применения</i>				
Иксуллик	Гормон, противодиабетический	Липосомы нейтральные	[1-4]	Также в геле Букальное применение, также пероральное
		Липосомы с деоксисахаром Na (деформированные)	[2]	Букальное применение
		Липосомы с пропиленгликолем	[5]	Букальное применение
		Липосомы положительные со стеариламином	[6, 7]	Букальное применение, также пероральное и интраназальное
		НЧ хитозана с привитой поли-γ-глутаминовой кислотой	[8]	Букальное применение, также интраназальное
		НЧ блок-сополимера ПЭГ и ПМК	[9]	В хитозановых плёнках Букальное применение
Кальцитонин	Гормон, регулятор обмена кальция	НЧ хитозана с привитой поли-γ-глутаминовой кислотой	[8]	Букальное применение, также интраназальное
DPDPE (D-Пеницилламин-D-геницилламин-энцефалин)	Опийный пептид, модельное вещество, действующее на ЦНС	НЧ РАМАМ	[10]	Букальное применение
<i>Полисахариды для системного применения</i>				
Дектран	Модельное гидрофилическое макромолекулярное вещество	НЧ хитозана	[11]	Букальное применение
<i>Низкомолекулярные вещества для системного применения</i>				
Флуоксетин	Антидепрессант	НЧ сополимера метилакрилового эфира и малеинового ангиридрида	[12]	На дисках из этилцеллюлозы Букальное применение
Ацилозир	Противокрупный	Нановолокна ПВП с додецилсульфатом Na и сукразозой	[13]	Сублингвальное применение
Омепразол	Ингибитор протонного насоса, противозревеный	Нановолокна ПВП с додецилсульфатом Na и маннитом	[14]	Сублингвальное применение
Мелатонин	Гормон (производное аминокислоты), снотворный	Масляная наноэмulsion МСТ	[15]	Сублингвальное применение

НАНОСИСТЕМЫ ДЛЯ БУККАЛЬНОЙ...

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
Куркумин	Антисидант и др.	НЧ поликапролактона, покрытые хитозаном	[16]	Буккальное применение
Синтомарин	Липопротектор	Липосомы нейтральные, положительные со стеарилглутаматом, отрицательные с дицитофосфатом, также с полисорбатом (гибридные)	[17, 18]	Буккальное применение
<i>Белки для местного действия</i>				
Супероксиддисмутаза	Фермент, антиоксидант	Липосомы отрицательные со стеарилглутаматом	[19]	В мази Также вместе с катализой Буккальное применение (около зубов)
Катализ	Фермент, антиоксидант	Липосомы отрицательные со стеарилглутаматом	[19]	В мази Также вместе с супероксиддисмутазой Буккальное применение (около зубов)
<i>Наномолекулярные вещества для местного действия</i>				
Рогозакин	Местный анестетик	Липосомы нейтральные	[20, 21]	В геле Буккальное применение (около зубов)
Бензодиокотинат	Сосудорасширяющий	Липосомы нейтральные	[22, 23]	В геле, мази Буккальное применение, также трансдермальное
Триамцинолон	СПВС	Липосомы нейтральные	[24-26]	Также в мази Буккальное применение
Нистатин	Противогрибковый антибиотик	Масляная нанесмультис МСТ	[27]	Буккальное применение
Идарубицин	Противопухоловое	ТЛН воска, ПЭГ-стеаринового эфира и ПЭГ-толуиферола	[28]	Буккальное применение
Ресвератрол	Противопухоловое и др.	Нанотрубки полирено-сшитого циплодекстрина	[29]	Буккальное применение, также трансдермальное
<i>Красители (для изучения проникновения)</i>				
BODIPY FL C ₁₂	Флуоресцентный краситель	ТЛН воска и ПЭГ-стеаринового эфира	[28]	Буккальное применение
ASL	Вещество для ЭПР	Липосомы отрицательные со стеарилглутаматом	[30]	В мази Буккальное применение

Сокращения: НЧ – наночастицы; ПЭГ – полиэтиленгликоль; ПМК – полимолочная кислота; РАМАМ – полиамидоамин-дендример; ПВП – поливинилпирролидон; МСТ – medium-chain triglycerides, триглицериды средней длины цепи; СПВС – стероидное противовоспалительное средство; ТЛН – твердые липидные наночастицы; ЭПР – электронный парамагнитный резонанс.

Кроме того, в работе [31] изучена токсичность различных незагруженных липосом с положительно и отрицательно заряженной поверхностью (за счет дополнительных веществ в липидной оболочке) и разного размера в отношении линии человеческих бактериальных клеток, чтобы оценить их пригодность для бактериального применения, и показано, что достаточно низкой токсичностью обладают липосомы с отрицательно заряженной поверхностью.

В работе [28] также изучено прохождение зерен полистирола размером 200 нм, покрытых биотином, через бактериальную мукозу. Полистирол не разлагается в организме и поэтому его нельзя считать физиологически приемлемым носителем, но из него можно получать зерна определенного размера, которые удобны для таких исследований.

Также можно упомянуть работы [32, 33], в которых показано, что в результате адсорбции наночастиц полипропил- и полиэтилцианакрилата, не содержащих лекарств, резко снижается способность спор грибков *Candida albicans* к адгезии на поверхности бактериальных эпителиальных клеток, что препятствует их заражению.

Лекарственные вещества и их группы, для которых известны наносистемы для бактериальной и сублингвальной доставки

Согласно обнаруженной информации несколько работ посвящено наносистемам для бактериальной доставки инсулина, которому уделяется наибольшее внимание, как и при интраназальной доставке. Также имеется наносистема для кальцитонина, других биологических макромолекул для системного применения нет, если не считать модельных веществ – опиоидного пептида и декстрана. Кроме этого, имеется наносистема для двух ферментов-антиоксидантов, применяемых местно.

Для низкомолекулярных лекарственных веществ имеются наносистемы для 6 веществ для системного применения и 6 – для местного действия, которые принадлежат к различным фармакологическим группам и группам химических веществ. Отсюда, как и для интраназальной доставки, можно предположить, что вообще возможна разработка нанопрепаратов для бактериальной и сублингвальной доставки самых разных лекарств, для которых возникает такая потребность.

Носители, используемые в наносистемах для бактериальной и сублингвальной доставки лекарств

Из носителей для этих наносистем чаще других используются липосомы (искусственные везикулы, образованные одним или несколькими липидными бислоями с внутренним водным объемом), также используются и масляные наноэмulsionии, которые относятся к жидким носителям природного происхождения. Из твердых носителей природного происхождения применяются наночастицы на основе хитозана и поперечно-сшитого циклодекстрина.

Из носителей на основе синтетических полимеров представлены наночастицы на основе блок-сополимера полиэтиленгликоля (ПЭГ) и полимолочной кислоты (ПМК), РАМАМ (полиамидоамин-дендример – макромолекула с симметричной древообразной с регулярными ветвлениями структурой), сополимера метилвинилового эфира и малеинового ангидрида, по-

ликаролактона, а также нановолокна на основе поливинилпирролидона (ПВП). Сюда также относятся твердые липидные наночастицы (ТЛН) на основе эфиров ПЭГ и воска.

Конечно, выбор носителей существенно меньше, чем для наносистем для интраназальной доставки, поскольку существенно меньше количество наносистем, тем не менее, можно сделать вывод о достаточном разнообразии носителей для их подбора для определенного лекарства в соответствии с его свойствами.

Заключение

Количество наносистем для буккальной и сублингвальной доставки лекарств невелико – обнаружено, что подобные наносистемы предложены для 8 лекарственных веществ для системного применения и 8 лекарственных веществ для местного действия. Носители, используемые при этом, относятся к доступным или достаточно легко получаемым.

Полученную информацию можно использовать при выборе носителей для наносистем для буккальной и сублингвальной доставки определенных лекарств. Кроме того, при этом можно использовать информацию из обзора наносистем для интраназальной доставки, как наиболее близкого способа неинвазивной доставки, а также информацию об известных наносистемах для других способов неинвазивной доставки лекарств, для которых будут составлены обзоры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Weingarten C., Moufti A., Desjeux J. F., Luong T. T., Durand G., Devissaguet J. P., Puisieux F. Oral ingestion of insulin liposomes: Effects of the administration route. // Life Sci. 1981. 28: 2747-2752.
2. Yang T.-Z., Wang X.-T., Yan X.-Y., Zhang Q. Phospholipid deformable vesicles for buccal delivery of insulin. // Chem. Pharm. Bull. 2002. 50: 749-753.
3. Огай М.А., Степанова Э.Ф. Разработка и технологические исследования лекарственного препарата инсулин в липосомальной форме // Научн. вед. БелГУ. – 2010. – № 10. – Вып. 10. – С. 79 – 84. – (Мед. Фарм.).
4. Огай М.А., Степанова Э.Ф., Жилякова Е.Т. Разработка и исследование суббукального липосомального геля с инсулином // Научн. вед. БелГУ. – 2010. – № 22. – Вып. 12/2. – С. 36 – 39. – (Мед. Фарм.).
5. Luo Y., Xu H., Huang K., Gao Z., Peng H., Sheng X. Study on a nanoparticle system for buccal delivery of insulin. // Conf. Proc. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. 2005: 4842-4845.
6. Petkowicz J., Byra A., Szumiio T. Hypoglycemic effect of liposome-entrapped insulin administered by various routes into normal rats. // Pol. J. Pharmacol. Pharm. 1989. 41: 299-304.
7. Petkowicz J., Byra A., Szumiio T. The hypoglycaemic response of diabetic rats to insulin-liposomes. // Acta Physiol. Pol. 1990. 41: 97-103.
8. Патент США 7871990, 2011. Nanoparticles for protein drug delivery.
9. Giovino C., Ayensu I., Tetteh J., Boateng J. S. Development and characterisation of chitosan films impregnated with insulin loaded PEG-b-PLA nanoparticles (NPs): A potential approach for buccal delivery of macromolecules. // Int. J. Pharm. 2012. 428: 143-151.

10. Yuan Q., Fu Y., Kao W. J., Janigro D., Yang H. *Transbuccal delivery of CNS therapeutic nanoparticles: synthesis, characterization, and in vitro permeation studies.* // *ACS Chem. Neurosci.* 2011. 2: 676-683.
11. Sandri G., Poggi P., Bonferoni M. C., Rossi S., Ferrari F., Caramella C. *Histological evaluation of buccal penetration enhancement properties of chitosan and trimethyl chitosan.* // *J. Pharm. Pharmacol.* 2006. 58: 1327-1336.
12. Sapre A. S., Parikh R. K. *Design of a buccal mucoadhesive, nanoparticles based delivery system of fluoxetine.* // *JPSBR.* 2012. 2: 148-161.
13. Yu D.-G., Zhu L.-M., Branford-White C. J., Yang J.-H., Wang X., Li Y., Qian W. *Solid dispersions in the form of electrospun core-sheath nanofibers.* // *Int. J. Nanomed.* 2011. 6: 3271-3280.
14. Yu D.-G., Gao L.-D., White K., Branford-White C., Lu W.-Y., Zhu L.-M. *Multicomponent amorphous nanofibers electrospun from hot aqueous solutions of a poorly soluble drug.* // *Pharm. Res.* 2010. 27: 2466-2477.
15. Fratter A., Semenzato A. *New association of surfactants for the production of food and cosmetic nanoemulsions: preliminary development and characterization.* // *Int. J. Cosmetic Sci.* 2011. 33: 443- 449.
16. Mazzarino L., Travelet C., Ortega-Murillo S., Otsuka I., Pignot-Paintrand I., Lemos-Senna E., Borsali R. *Elaboration of chitosan-coated nanoparticles loaded with curcumin for mucoadhesive applications.* // *J. Colloid Interface Sci.* 2012. 370: 58-66.
17. El-Samaligy M. S., Afifi N. N., Mahmoud E. A. *Increasing bioavailability of silymarin using a buccal liposomal delivery system: Preparation and experimental design investigation.* // *Int. J. Pharm.* 2006. 308: 140-148.
18. El-Samaligy M. S., Afifi N. N., Mahmoud E. A. *Evaluation of hybrid liposomes-encapsulated silymarin regarding physical stability and in vivo performance.* // *Int. J. Pharm.* 2006. 319: 121-129.
19. Petelin M., Pavlica Z., Ivanilja T., Јбентјурк M., Skaleriu U. *Local delivery of liposome-encapsulated superoxide dismutase and catalase suppress periodontal inflammation in beagles.* // *J. Clin. Periodontol.* 2000. 27: 918-925.
20. Franz-Montan M., Silva A. L. R., Cogo K., Bergamaschi C. C., Volpato M. C., Ranali J., de Paula E., Groppo F. C. *Liposome-encapsulated ropivacaine for topical anesthesia of human oral mucosa.* // *Anesth. Analg.* 2007. 104: 1528-1531.
21. Franz-Montan M., de Paula E., Groppo F. C., Silva A. L. R., Ranali J., Volpato M. C. *Liposome-encapsulated ropivacaine for intraoral topical anesthesia.* // *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.* 2010. 110: 800-804.
22. Јбентјурк M. *Blood flow enhancement in skin or oral mucosa after the topical application of liposome entrapped rubifacient as measured by EPR oximetry in vivo: the influence of size and liposome composition.* // *Cell. Mol. Biol. Lett.* 2002. 7: 256-258.
23. Erjavec V., Pavlica Z., Sentjurc M., Petelin M. *In vivo study of liposomes as drug carriers to oral mucosa using EPR oximetry.* // *Int. J. Pharm.* 2006. 307: 1-8.
24. Harsanyi B. B., Hilchie J. C., Mezei M. *Liposomes as drug carriers for oral ulcers.* // *J. Dent. Res.* 1986. 65: 1133-1141.
25. Sveinsson S. J., Mezei M. *In vitro oral mucosal absorption of liposomal triamcinolone acetonide.* // *Pharm. Res.* 1992. 9: 1359-1361.
26. Sveinsson S. J., Holbrook W. P. *Oral mucosal adhesive ointment containing liposomal corticosteroid.* // *Int. J. Pharm.* 1993. 95: 105-109.

27. Campos F. F., Calpena Campmany A. C., Delgado G. R., Serrano O. L., Naveros B. C. *Development and characterization of a novel nystatin-loaded nanoemulsion for the buccal treatment of candidosis: Ultrastructural effects and release studies.* // *J. Pharm. Sci.* 2012. In Press.
28. Holpuch A. S., Hummel G. J., Tong M., Seghi G. A., Pei P., Ma P., Mumper Russell J., Mallory S. R. *Nanoparticles for local drug delivery to the oral mucosa: proof of principle studies.* // *Pharm. Res.* 2010. 27: 1224-1236.
29. Ansari K. A., Vavia P. R., Trotta F., Cavalli R. *Cyclodextrin-based nanosponges for delivery of resveratrol: in vitro characterisation, stability, cytotoxicity and permeation study.* // *AAPS PharmSciTech.* 2011. 12: 279-286.
30. Petelin M., ЈBentjuc M., Stoliu Z., Skaleriu U. *EPR study of mucoadhesive ointments for delivery of liposomes into the oral mucosa.* // *Int. J. Pharm.* 1998. 173: 193-202.
31. Smistad G., Jacobsen J., Sande S. A. *Multivariate toxicity screening of liposomal formulations on a human buccal cell line.* // *Int. J. Pharm.* 2007. 330: 14-22.
32. McCarron P. A., Donnelly R. F., Canning P. E., McGovern J. G., Jones D. S. *Bioadhesive, non-drug-loaded nanoparticles as modulators of candidal adherence to buccal epithelial cells: a potentially novel prophylaxis for candidosis.* // *Biomaterials.* 2004. 25: 2399-2407.
33. McCarron P. A., Donnelly R. F., Marouf W., Calvert D. E. *Anti-adherent and antifungal activities of surfactant-coated poly(ethylcyanoacrylate) nanoparticles.* // *Int. J. Pharm.* 2007. 340: 182-190.

УДК 504.75

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

© **В.В. Коновалов**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **О.А. Логвина**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

MODELING OF ENVIRONMENTAL SYSTEMS

© *V.V. Konovalov, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

© *OA Logvina, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

Статья посвящена такому важному направлению экологических исследований, как количественная оценка состояния экологической системы.

Ключевые слова: экологическая система, нормальное состояние, оценка состояния, оценочные критерии.

The article is devoted to this important direction of environmental research, as a quantitative estimate of state of the ecological system.

Key words: ecological system, normal, assessment, evaluation criteria.

E-mail: Olga_kr@list.ru

При исследовании сложных систем их часто рассматривают как составной объект, представляющий собой совокупность отдельных частей, которые можно рассматривать как простые объекты или подсистемы. В последние годы все больше внимания уделяется созданию сложных информационных систем либо самостоятельного назначения, либо входящих в состав систем управления объектами в больших масштабах. Выбор критерия принятия решений является наиболее сложным и ответственным этапом в исследовании операций.

Для того чтобы принять правильное решение, человек должен учитывать, с одной стороны, количественные факторы, определенные с помощью методов исследования операций, а с другой – качественные факторы, выявленные иными способами. Последние относятся к области политики, этики, морали и традиций. Количественные факторы поддаются беспристрастному научному анализу и поэтому относятся к сфере исследования операций.

Чаще всего, с каждой принимаемой стратегией (решением) связано целое множество возможных результатов – исходов O_1, O_2, \dots, O_n с известными вероятностями $P(O_j/x_i)$. Это говорит о том, что ограниченность или неточность информации в решаемой задаче может быть выражена функцией распределения соответствующей случайной величины.

Принятие решений в условиях риска обычно основывается на одном из следующих критериев: ожидаемого значения; комбинации ожидаемого значения и дисперсии; известного предельного уровня; наиболее вероятного события в будущем. В случае когда исследователь имеет дело с экологическими системами, как правило, используется критерий предельного уровня. Данный критерий не дает оптимального решения, максимизирующего степень соответствия экосистемы здоровому состоянию или минимизирующего затраты на строительство очистных сооружений. Скорее, он соответствует определению предельно допустимого уровня загрязнения. Такой критерий не приводит к оптимальному решению, поскольку могут найтись более выгодные решения, чем принятое. Рассмотренный критерий можно использовать в тех случаях, когда в момент принятия решения нет полного представления о множестве возможных альтернатив. К такому подходу относится введение ПДК, ПДВ и т.п.

При оценке состояния экологической системы, как правило, значения её основных параметров сравниваются с предельными показателями содержания каких-либо загрязняющих веществ. Если каждый показатель укладывается в заданные пределы, то состояние системы считается нормальным. Суммарная нагрузка на состояние системы практически не учитывается. Вода или воздух, содержащие несколько ЗВ в количествах, близких к предельно допустимому уровню, считаются нормальными. Для оценки состояния экологической системы необходимо учитывать изменение всех показателей её состояния одновременно.

Таким образом, необходимо введение однозначных функций нескольких переменных (параметров) в качестве оценочных критериев, которые

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

позволили бы каждому состоянию системы поставить в соответствие некоторое конкретное числовое значение. Определим целевую функцию, основные переменные и параметры. Для создания динамической модели нам потребуется введение переменных состояния и переменных скорости или роста факторов. В качестве переменных состояния, то есть характеристик, которые определяют состояние системы в любой момент времени, могут быть выбраны относительные показатели химического или биологического состава. Параметрами служат характеристики, численные значения которых остаются неизменными на протяжении исследования моделей. Это могут быть характеристики, сохраняющие относительно постоянные значения в течение достаточно длительных промежутков времени, например относительная влажность воздуха, давление и т.п.

Значения переменных состояния могут задаваться точечными оценками числовых параметров распределения случайных величин или интервальными оценками, границы которых являются функциями выборочных значений и которые с заданной вероятностью накрывают оцениваемый параметр.

Если нормальное состояние системы описывается как некоторая точка $\chi^0(\tau_1^0, \tau_2^0, \dots, \tau_n^0) \in R^n$, то целевую функцию можно определить как отклонение от нормы при работе системы. Тогда она может быть задана различными критериями:

$$r_0 = \sum_{i=1}^n |\delta_i|, \quad r_1 = \sqrt{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}, \quad r_2 = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n (\delta_i)^2}, \quad r_3 = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n \delta_i^3},$$

$$r_4 = \sqrt[4]{\sum_{i=1}^n \delta_i^4}, \dots, \quad r_m = \sqrt[m]{\sum_{i=1}^n \delta_i^m},$$

где $\delta_i = \tau_i - \tau_i^0$ – отклонение от нормы значения i -го параметра.

Итак, чтобы оценить состояние системы и иметь возможность сравнивать различные состояния, надо:

- 1) определить “норму” по каждому параметру, точечную или интервальную;
- 2) оценить состояние системы по результатам измерений и вычислений;
- 3) определить критерий сравнения для точечных и интервальных оценок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крючков Ю.О., Целикин И.А., Крючкова О.А., Таранцева К.Р. Количественная оценка отклонений в состоянии технических и биотехнических систем // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании : XVIII Международная НТК. – Пенза : ПГТА, 2006. – С. 94.

2. Крючкова (Логвина) О.А., Логвин А.М., Марьин В.К. Применение математических методов в экологии // Опыт и проблемы экологического образования и воспитания : Материалы Всероссийской НПК. – Пенза : ПТИ, 1999. – С. 27.

3. Крючкова (Логвина) О.А., Полякова И.Н., Логвин А.М., Сельмаева И.В. *О комплексном подходе в оценке экологической опасности регионов // Экологическая безопасность регионов России : Материалы межрегионального пост. действующего семинара.* – Пенза : ПТИ, 1999. – С. 84.

4. Марчук Г.И. *Математическое моделирование в проблеме окружающей среды.* – М. : Наука, 1982. – 320 с.

УДК 66.063.61:537.84

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ

© *K.V. Таранцев, Пензенский государственный университет
(г. Пенза, Россия)*

© *I.A. Прошин, Пензенская государственная технологическая
академия, (г. Пенза, Россия)*

THE METHODS OF INCREASING THE EFFICIENCY OF ELECTRIC DEHYDRATORS

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

© *I.A. Proshin, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

Статья посвящена повышению эффективности электродиспергаторов с учетом гидродинамических и электрофизических параметров их эксплуатации.

Ключевые слова: электродиспергаторы, конструкция, технологическая схема, модернизация.

The article is devoted to the methods of increasing the efficiency of electric dehydrators taking into account the hydrodynamic and electrical parameters of their operation.

Key words: elektrodispergator, design, technological scheme, modernization.

E-mail: kvtar@bk.ru, proshin@pgta.ru

Начальной стадией любой переработки нефти является обессоливание на электрообессоливающих установках (ЭЛОУ), на которой осуществляется обессоливание и обезвоживание сырой нефти, поэтому модернизация установки повлечет за собой не только технические и технологические преимущества, но и существенно снизит антропогенное воздействие объектов нефтехимических отраслей промышленности на окружающую среду.

В нефти, извлеченной из пласта, вода с растворенными в ней солями находится в виде мелких капель размером от 1,6 до 250 мкм. Капли соленой воды сорбируют на поверхности естественные эмульгаторы, содержащиеся в нефти: нефтяные кислоты, асфальтено-смолистые вещества, микрокристаллы парафинов, механические примеси, что затрудняет слияние и укрупнение капель.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ

Подготовка нефти к переработке проводится в два этапа: на промысле и непосредственно на нефтеперерабатывающем предприятии.

На промысле нефть подвергается обезвоживанию: содержание воды уменьшают с $5 \div 50$ до $0,5 \div 10\%$ (масс.), при этом пропорционально снижается и содержание солей в нефти.

На нефтеперерабатывающих заводах нефть поступает на электрообессоливающие установки, где содержание воды в ней снижается до $0,1\%$ (масс.), а содержание солей до $3 \div 5$ мг/л. Для полного удаления солей нефть вначале смешивают с пресной водой в смесителях или в сырьевых насосах, затем образовавшуюся эмульсию воды в нефти разрушают в электродегидраторах. Электродегидраторы являются важнейшим элементом технологической схемы электрообессоливающих установок (ЭЛОУ), так как степень обезвоживания и обессоливания нефти зависит от полноты выделения воды [1 – 4].

Анализ производительности и эффективности электродегидраторов различных форм: вертикальных цилиндрических, шаровых, горизонтальных цилиндрических, показал, что наибольшую производительность обеспечивают горизонтальные электродегидраторы.

Повысить эффективность горизонтальных электродегидраторов можно за счет оптимизации формы и размеров электродов, создания благоприятных гидродинамических условий, способствующих отстаиванию воды; оптимизации структуры потоков в рабочей зоне с целью увеличения напряженности электрического поля [4].

Ранее нами были исследованы процессы создания разрушения эмульсий в электрическом поле и предложены способы модернизации электродегидраторов [4 – 7] и технологической схемы обессоливания нефти (ЭЛОУ).

На основе проведенных расчетов были предложены способы модернизации существующих горизонтальных электродегидраторов и разработана новая конструкция электродегидратора с двумя зонами контакта фаз, которые предлагается внедрить в уже существующую технологическую схему обезвоживания (обессоливания) нефти.

Выбор и расчет режимов электрогидродинамического диспергирования осуществлялся с учетом следующих критериев: гидродинамических и электрофизических свойств жидкостей, образующих эмульсию, электрических параметров системы (напряжения, силы тока, полярности электродов, частоты).

После анализа большого числа возможных методов диспергирования для реализации процесса электрогидродинамического диспергирования были выбраны смесители эжекторного типа с дополнительной системой электродов, подобных трубе Вентури. Эжекторные смесители позволяют создавать и регулировать электрическое поле, а гидродинамические условия в этих аппаратах благоприятны для организации процесса электрогидродинамического диспергирования. Кроме того, эжекторные смесители отличаются простотой в изготовлении, и в них отсутствуют подвижные элементы.

Смеситель эжекторного типа, в котором использовано электрогидродинамическое диспергирование, представлен на рисунке 6. Электрическое

поле создается между стержневым электродом, расположенным по оси трубы Вентури, и заземленным корпусом электродиспергатора.

Для выбора формы и размеров эжекторного смесителя были созданы и рассчитаны трехмерные модели, учитывающие вторичные течения и вихревообразования, возникающие в рабочей зоне в процессе смешения темных нефтепродуктов (мазутов) с водой.

Данные модели позволили оценить структуру потоков и распределение давления по объему при изменении формы и размеров эжекторных смесителей и выбрать рациональную конструкцию.

Результаты исследований позволили выбрать оптимальные режимы в электрогидродинамическом смесителе эжекторного типа для ввода воды в темные нефтепродукты при приготовлении топливных эмульсий (рисунок 1). Данная конструкция рассчитана на производительность по тяжелому продукту 170 кубических метров в час и подачу воды 5 кубометров в час.

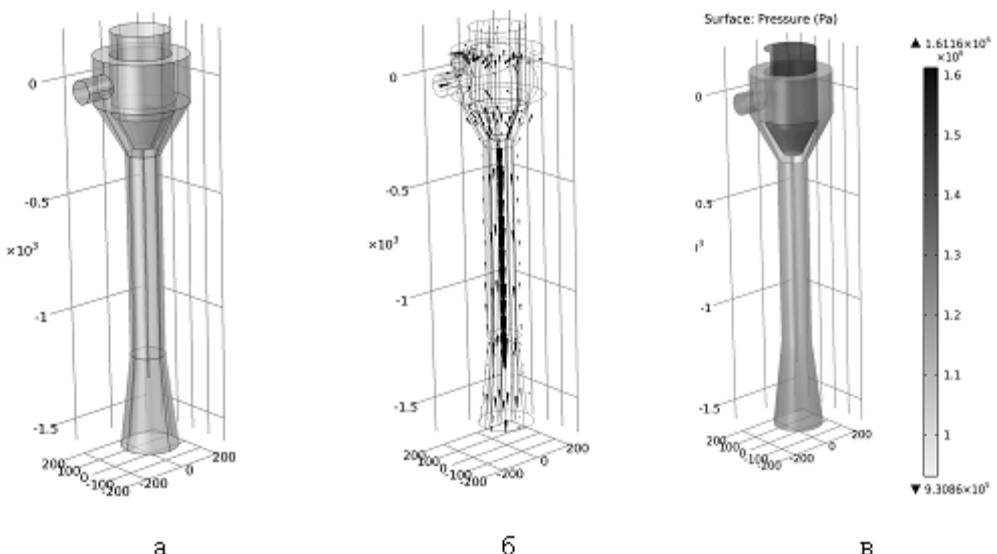


Рисунок 1 – Результаты моделирования для рекомендованного эжекторного смесителя: а) трехмерная модель; б) поле скорости течения жидкости; в) распределение давления

Другим путем повышения экологической безопасности нефтеперерабатывающего производства является создание автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на базе современных средств автоматизации и вычислительной техники [8 – 10].

Для управления технологическими процессами с использованием автоматических устройств необходимы: контроль параметров процессов (температуры и давления в аппаратах, состава и качества жидкостей и газов и т.д.); регулирование параметров (поддержание их в заданных значениях); сигнализация (оповещение, предупреждение) об отклонениях значений па-

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ

раметров за допускаемые пределы; блокировка (запрещение) неправильного включения оборудования; защита оборудования в аварийных ситуациях (выключение, перевод на безопасный режим) [8 – 10].

В АСУ ТП используется обычно четырехуровневая организация системы контроля и управления:

- 1) уровень источника информации, на котором формируется первичная информация, поступающая в систему АСУ ТП, и на который адресуются управляющие воздействия;
- 2) уровень контроля и управления технологическим процессом;
- 3) уровень человека-машинных интерфейсов и операторского контроля и межпроцессового взаимодействия;
- 4) уровень интегрированной информационной системы предприятия, корпоративной базы данных и крупных финансовых предложений.

Взаимодействие уровней 3 и 4 обеспечивает организацию общего информационного пространства, объединение промышленных сетей сбора данных и информационных сетей общего назначения.

Основными параметрами, расчет и оптимизация которых требуется при проектировании ЭЛОУ, являются следующие: температура, давление, тип и расход деэмульгатора, число ступеней, расход промывной воды и ее распределение между ступенями, конструкция и размер электродегидратора. Параметры электрообессоливания должны быть выбраны такими, чтобы максимально интенсифицировать три основные стадии процесса – столкновение, сливание (укрупнение) и осаждение капель воды.

Наиболее перспективным является создание системы централизованного контроля и регулирования процессов подготовки нефти. В частности, такая система создана на Казанском СПКБ «Нефтехимпромавтоматика». Она предусматривает [8 – 10]:

- последовательное автоматическое двухпозиционное регулирование всех или части контролируемых параметров по заранее установленным номинальным значениям;
- последовательный контроль всех параметров с автоматической световой и звуковой сигнализацией отклонений любого контролируемого параметра за установленные верхний или нижний пределы сигнализации;
- автоматическую однократную цифровую регистрацию значения любого контролируемого параметра при выходе его за установленные пределы и возврате его в прежнее положение;
- периодическую (в соответствии с заранее установленной временной программой) цифровую регистрацию значений всех контролируемых параметров и параметров, находящихся за пределами нормы;
- цифровую регистрацию значений контролируемых параметров по выбору оператора и контролируемых параметров, находящихся за пределами нормы, по вызову оператора;
- цифровую регистрацию значений;
- однократное измерение по вызову оператора любого контролируемого параметра с выдачей результата на специальное цифровое табло;

- непрерывное измерение по вызову оператора любого контролируемого параметра с помощью электронного автоматического показывающего прибора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беньковский В.Г. Диспергирование воды в электрическом поле // Коллоидный журнал. – 1953. – № 1. – С. 3 – 5.
2. Панченков Г.М., Цабек Л.К. Поведение эмульсий во внешнем электрическом поле. – М. : Химия, 1969. – 181 с.
3. Торза С., Кокс Р., Мейсон С. Электрогидродинамическая деформация и разрыв капель // Реология суспензии. – М. : Мир, 1975. – С. 285 – 333.
4. Таранцев К.В., Коростелева А.В. Исследование процесса разрушения капель воды в слабопроводящих жидкостях под воздействием электрического поля // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2011. – № 26. – С. 666 – 671.
5. Таранцев К.В., Таранцева К.Р. Алгоритм расчета электрогидродинамического эмульгатора // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2001. – № 11. – С. 7 – 9.
6. Таранцев К.В., Таранцева К.Р. Конструкции электрогидродинамических эмульгаторов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2002. – № 8. – С. 7 – 9.
7. Таранцев К.В., Таранцева К.Р. Оптимизация параметров электрогидродинамических эмульгаторов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2002. – № 10. – С. 6 – 8.
8. Левченко Д.Н., Бергштейн Н.В., Николаева Н.М. Технология обессоливания нефти на нефтеперерабатывающих предприятиях. – М., 1985.
9. Маноян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. – М. : Химия, 2001.
10. Андреев Е.Б., Ключников А.И. Автоматизация технологического процесса добычи и подготовки нефти и газа : Учебное пособие для вузов. – М., 2008.

УДК 681.31-181.48

СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ

© **И.А. Прошин**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **П.В. Сюлин**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

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

SYSTEMIC ORGANIZATION OF SCIENTIFIC RESEARCH OF ECOSYSTEMS

© **I.A. Proshin**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ

© **P.V. Siulin**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

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

Рассмотрена разработанная авторами методология системной организации научных исследований экосистем. Каждый исследуемый объект и его основные составные части, определяющие системные свойства экосистемы в виде единого целого, предлагается рассматривать как элементы экосистем; системы взаимосвязанных элементов; преобразователи энергии; объекты управления.

Ключевые слова: методология, модель, моделирование, управление, экосистема.

The paper was reviewed developed by the authors methodology of systemic organization of scientific research of ecosystems. Each object of study and its main components, defining systemic ecosystem's properties, as whole, is proposed to consider as elements of ecosystems, a system of interconnected elements, power converters, control objects.

Key words: methodology, model, modeling, management, ecosystem.

E-mail: proshin.Ivan@inbox.ru

Исследование влияния антропогенных факторов на экосистемы связано со значительным объёмом научных исследований механизмов взаимодействия отдельных компонент системы, разнообразных физико-химических взаимодействий, методов управления объектами промышленных предприятий. Множество используемых при решении задач экологической безопасности разрозненных подходов, методов, методик порождает значительные трудности проведения таких исследований.

Предлагается за основу методологии проведения и системной организации научных исследований экосистем принять системный, энергетический и информационно-алгоритмический причинно-следственный подходы, комплексные исследования объекта исследований (ОИ), сочетающие экспериментальные и теоретические исследования, моделирование, технологические и конструктивные проработки, схемотехнические решения с выявлением главных, определяющих функций ОИ и его составных частей в достижении цели. Каждый исследуемый объект и его основные составные части, определяющие системные свойства экосистемы в виде единого целого, предлагается рассматривать как [1]:

- функциональные элементы, формирующие системные свойства экосистемы;
- элементы систем;
- системы взаимосвязанных элементов;
- преобразователи энергии;
- объекты управления.

Первый этап исследования – анализ объекта исследования и каждого элемента, входящего в ОИ с позиций выполнения определяющей функции, достижения цели исследования. Все элементы экосистемы, образующей объект исследования, рассматриваются как система вложенных элементов, распределённых по уровням вложенности (рис. 1) с позиций выполнения каждым элементом определяющей функции. При этом каждый уровень вложенности в качестве главного элемента, обеспечивающего выполнение оп-

ределяющей функции, может содержать как один, так и несколько ключевых элементов. Составляют топологические модели, отражающие взаимодействие исследуемого объекта с другими элементами, определяют требования к исследуемому компоненту экосистемы [2].

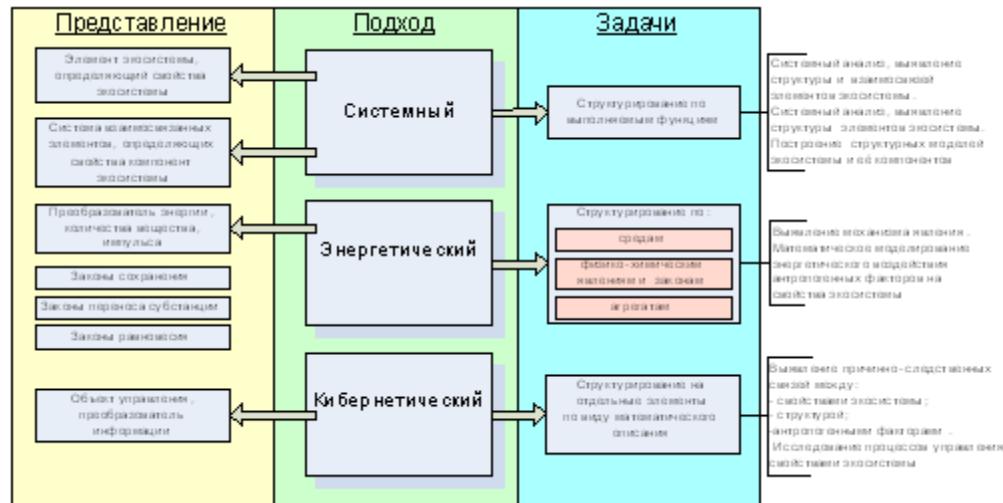


Рисунок 1 – Системный анализ экосистем

С позиций системного подхода каждый объект исследования, являясь элементом экосистемы более высокого уровня, выполняющим определённые функции, представляет собой систему взаимосвязанных элементов, определяющих функциональные возможности и свойства ОИ.

Проводят анализ объекта и составляют топологические и структурные модели объекта.

Энергетический подход позволяет выявить механизм преобразования энергии, количества вещества и количества движения, раскрыть принципы и количественные соотношения физико-химического взаимодействия основных компонент экосистемы, свойственных рассматриваемому объекту исследования, дать оценку их эффективности, определить требования к экосистеме. При этом основу исследования сложных ОИ экосистем составляют принципы структурирования объектов по физическим явлениям, средам, блокам.

Математические модели основных технологических процессов имеют вид конечных, дифференциальных, интегральных или интегрально-дифференциальных уравнений. Основой энергетического подхода и теоретическим фундаментом при исследовании технологических процессов, протекающих в экосистемах, являются основные законы физики [2]:

- законы сохранения субстанции (массы М, энергии Э и импульса Д), согласно которым возможны только такие превращения, при которых алгебраическая сумма массы, энергии и импульса внутри системы остаются неизменными;
- законы термодинамического равновесия, определяющие условия, при которых процесс переноса субстанции отсутствует;

СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ

- законы переноса субстанции, определяющие интенсивность протекания технологических процессов.

На основе энергетического подхода составляют математическую модель объекта, отражающую механизм преобразования энергии, количества вещества, количества движения [3, 4]. Такие модели – основа исследования влияния абиотических факторов на окружающую среду, системного экологического мониторинга, эколого-экономического анализа экосистем.

Рассмотрение любого элемента экосистемы как объекта управления предполагает:

- определение координат состояния объекта – переменных, характеризующих поведение элемента экосистемы в пространстве состояний;
- выявление управляемых координат – выходных переменных, подлежащих в соответствии с задачами экосистемы управлению;
- установление управляющих воздействий – величин, посредством которых может быть наиболее эффективно обеспечено управление в заданном диапазоне выходными координатами экосистемы;
- нахождение возмущающих воздействий – входных величин ОУ, влияющих на управляемые координаты экосистемы, но которые не могут быть изменены с помощью управляющего устройства или управление которыми нецелесообразно;
- выявление внутренних параметров ОУ – величин, характеризующих статические и динамические свойства экосистемы;
- установление критериев управления и ограничений на входные и выходные переменные, возможных пределов изменения под действием возмущений внутренних параметров экосистемы.

Анализ компонент экосистемы и экосистемы в целом как объекта управления позволяет составить математическую модель экосистемы, описывающую динамику её поведения в пространстве состояний, определить принципы и методы управления экологической системой, осуществить прогнозирование.

Основу научных исследований экосистем составляет итерационная последовательность процедур “Модель – анализ – синтез”. Глубокие и всесторонние исследования особенностей экосистемы, синтез и оценка показателей качества систем управления эффективны на основе совместных аналитических исследований и моделирования на компьютерах. В то же время достоверные исследования физических закономерностей механизмов преобразования энергии, отработки управляющих воздействий, конструктивных и технологических особенностей ОИ возможно только с использованием результатов экспериментальных исследований. Идентификация ММ по экспериментальным данным при этом представляется как процесс повышения ранга неопределенности модели [2, 3]. Совокупность решаемых задач построения ММ образует вложенную структуру, в которой выбор класса модели (непрерывные, дискретные, линейные, нелинейные, стационарные, нестационарные, детерминированные, стохастические, конечномерные, бесконечномерные) в качестве внутренних включает задачи структурной и па-

раметрической идентификации. В свою очередь выбор структуры модели охватывает решение задач параметрической идентификации.

Таким образом, методологическую основу системной организации научных исследований экосистем составляют принципы и методология системного анализа, системный, энергетический и информационно-алгоритмический причинно-следственный подходы. Комплексные исследования объектов как системы вложенных элементов, как функциональных элементов, формирующих системные свойства ОИ, как элементов экосистем и как системы взаимосвязанных элементов, как преобразователей энергии и объектов управления, сочетающие теоретические и экспериментальные исследования, моделирование с использованием математических моделей “Вход – выход” и “Вход – состояние – выход” для различных классов объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Методологические принципы системной организации научных исследований // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов – 2009. – № 5. – С. 172 – 175.
2. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Автоматизированная обработка информации в системах управления технологическими процессами : Монография. – Пенза : ПГТА, 2012. – 380 с.
3. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Н.Н. Структурно-параметрический синтез математических моделей в задачах обработки экспериментально-статистической информации. – Пенза : ПГТА, 2007. – 178 с.
4. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Структурно-параметрический синтез математических моделей объектов исследования по экспериментальным данным // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2009. – № 1. – С. 110 – 115. – (Морская техника и технология).

УДК 681.31-181.48

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

© **А.В. Васильков**, ОАО “Научно-производственное
предприятие “Рубин” (г. Пенза, Россия)

© **И.А. Прошин**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **П.В. Сюлин**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

COMPUTER MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF MANUFACTURING COMPOSITE MATERIALS

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ...

© A.V. Vasilkov, Joint – stock company “Scientific-manufacturing Company “Rubin” (Penza, Russia)

© I.A. Proshin, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© P.V. Siulin, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

Рассматриваются особенности компьютерного моделирования технологических процессов производства композиционных материалов.

Ключевые слова: композиционные материалы, компьютерное моделирование, технологические процессы.

The paper reviews details of computer modeling of technological processes of manufacturing composite materials.

Key words: composite material, computer modeling, technological process.

E-mail: vassilkov@mail.ru

Компьютерное моделирование – один из самых мощных инструментов познания, анализа и проектирования, которым должны располагать инженеры-технологи, ответственные за разработку технологий производства композиционных материалов. Сущность методологии компьютерного моделирования состоит в замене технологического объекта его математической моделью и в дальнейшем изучении модели с помощью реализуемых на компьютерах вычислительно-логических алгоритмов [1].

В процессе формирования композиционного материала применяются различные технологические операции, такие как дозирование, перемешивание, нагревание, пропаривание, формование под давлением и т.п.

В таблице 1 приведён перечень основных технологических процессов производства композиционных материалов, а также датчики контроля процесса и сведения об основных управляющих воздействиях.

Таблица 1 – Перечень основных технологических процессов производства композиционных материалов

Наименование технологического процесса	Исполнительный механизм	Контроль	Управление
Дозирование жидких сред	Электродвигатель	- датчик давления - расходомер - дозатор	- реле включения/отключения двигателя - напряжение в обмотке возбуждения двигателя
Дозирование сыпучих сред	Электродвигатель	- весы - дозатор	- реле включения/отключения двигателя - напряжение в обмотке возбуждения двигателя
Перемешивание	Электродвигатель	- датчик тока - датчик частоты вращения вала	- реле включения/отключения двигателя - напряжение в обмотке возбуждения двигателя
Нагревание	Тепловой электронагреватель	- датчик температуры - датчик тока	реле включения/отключения ТЭН
Формование под давлением	Пресс	датчик давления	реле включения/отключения двигателя
Пропаривание	Парогенератор	- датчик давления - датчик температуры - датчик влажности	реле открытия/закрытия клапана

Кроме этого, в технологическом процессе задействованы система индикации и органы управления. В систему индикации входят:

- индикационные табло, дисплеи;

- световые индикаторы (лампы, светодиоды, ЖКИ и т.п.);
- звуковые сигнализаторы (звонки, сирены, зуммеры, голосовые синтезаторы).

Система органов управления включает:

- пульты управления,
- кнопки,
- тумблеры,
- многопозиционные переключатели.

Современное производство немыслимо без применения АСУТП, ядром которого выступает автоматизированная система регулирования. В общем виде схема автоматизированной системы регулирования приведена на рисунке 1.

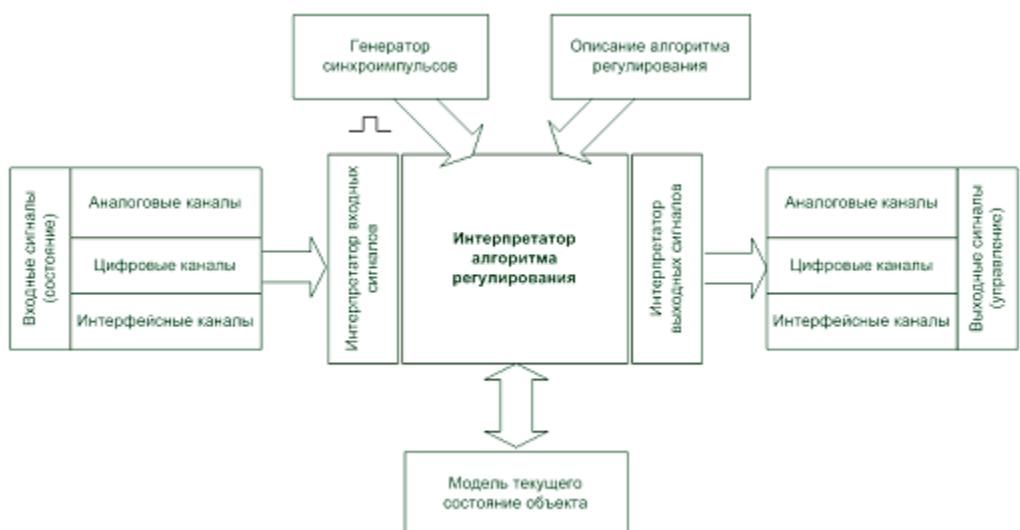


Рисунок 1 – Общая схема автоматизированной системы регулирования

Информация о состоянии объекта и управляющие воздействия передаются в систему посредством сигналов различных датчиков. Соответственно, датчики могут быть аналоговыми, цифровыми и интеллектуальными. Сигналы датчиков интерпретируются, и далее система, в соответствии с алгоритмом управления и на основе модели состояния объекта, вырабатывает управляющие воздействия и сигналы индикации. Работа интерпретатора алгоритма синхронизируется генератором синхроимпульсов.

Таким образом, для создания компьютерной модели технологического процесса необходимо разработать имитационные модели поведения датчиков (рис. 2). Имитационные модели поведения датчиков должны учитывать сигналы управления, выработанные системой управления.

Процессы протекающие в реальных объектах могут выполняться в очень короткие промежутки времени, измеряемые микросекундами (например, время срабатывания клапана) или же, наоборот, исчисляемые часами

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ...

(например, время полимеризации). Исходя из этого важно, чтобы в системе компьютерного моделирования был предусмотрен масштабируемый генератор синхроимпульсов. Это позволит рассматривать технологический процесс замедленно или, наоборот, ускоренно.

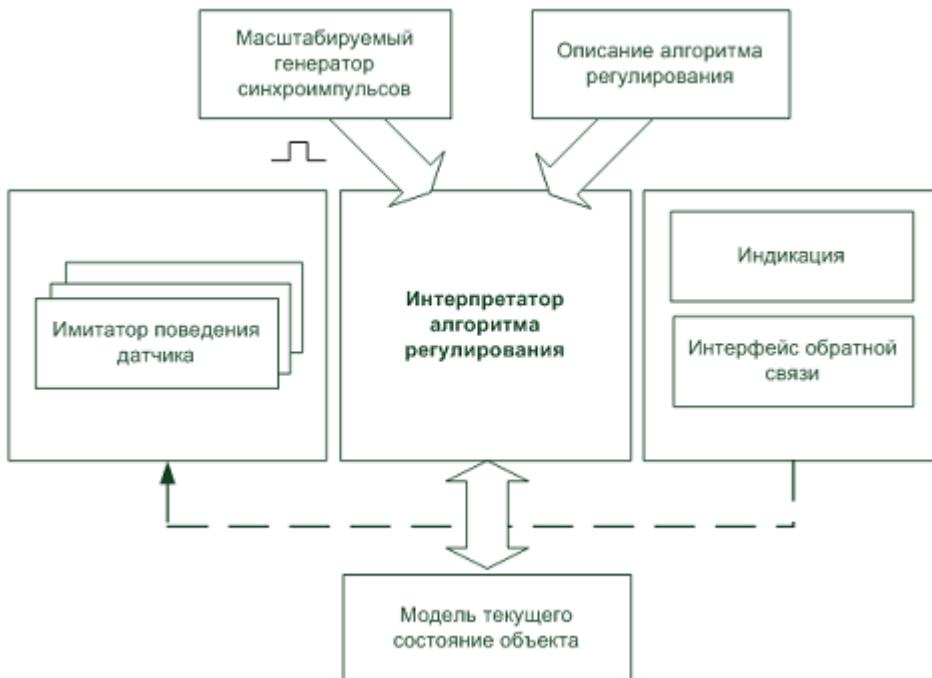


Рисунок 2 – Общая схема компьютерной модели технологического процесса

Установление закономерностей влияния рецептурно-технологических факторов на процесс структурообразования дисперсных систем позволяет целенаправленно изменять свойства композитов. Решение этой научно-технической задачи с привлечением механизма компьютерного моделирования имеет большое практическое значение [2 – 4]. Тем не менее, технологические факторы не всегда могут быть реализованы на конкретной технологической установке, и это может привести к изменению исходных данных для моделирования процесса структурообразования дисперсных систем.

Программный комплекс моделирования композиционных материалов специального назначения [3] может быть дополнен комплексом компьютерного моделирования технологических процессов производства композиционных материалов. Тем самым результаты, полученные в процессе моделирования влияния рецептурно-технологических факторов на процесс структурообразования дисперсных систем, могут быть проверены на компьютерной модели конкретной технологической установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворецкий С.И., Егоров А.Ф., Дворецкий Д.С. Компьютерное моделирование и оптимизация технологических процессов и оборудования : Учеб. пособие. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003.
2. Моделирование процессов структурообразования дисперсных систем / А.Н. Бормотов [и др.] // Тр. междунар. конф. Идентификация систем и задачи управления SICOPRO'05 : – М. : Ин-т проблем упр., 2004. – С. 700 – 724.
3. Бормотов А.Н., Прошин И.А., Королёв Е.В. Имитационное моделирование деструкции и метод прогнозирования стойкости композиционных материалов // Вестн. Ижев. гос. техн. ун-та. – 2010. – № 4. – С. 113 – 118.
4. Прошин И.А., Бормотов А.Н., Васильков А.В. Архитектура программного комплекса моделирования композиционных материалов специального назначения // Наука сегодня и практика применения : сб. науч. тр. по мат-лам Междунар. заоч. науч.-практ. конференции 28 октября 2011 г. : В 9 частях. – Часть 7. – Тамбов : ТРОО “Бизнес – Наука – Общество”, 2011. – С. 37 – 39.

Научные подходы и технологии к решению экологических проблем

УДК 502.7:577.4

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

© Е.Л. Лебедев, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© Т.А. Шарков, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© Б.Л. Таранцева, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

TO QUESTION OF THE DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF ECOLOGICAL SAFETY

© E.L. Lebedev, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© T.A. Sharkov, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© B.L. Tarantseva, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

Статья посвящена вопросам экологической безопасности как составной части национальной безопасности. Показаны задачи, которые необходимо решить в рамках стратегии обеспечения экологической безопасности, реализуемой системой обеспечения экологической безопасности.

Ключевые слова: экологическая безопасность, стратегия, система.

The article is devoted to the question of the environmental safety as a component of national security. The tasks that must be addressed in the strategy to ensure environmental safety, implemented a system to ensure environmental safety were shown.

Key words: environmental security, strategy, system.

E-mail: leb1@rambler.ru, krtar@bk.ru

Экологическая безопасность как составная часть национальной безопасности является обязательным условием устойчивого развития и выступает основой сохранения природных систем и поддержания соответствующего качества окружающей среды [1, 2]. Существующая в РФ природоохранная система построена на основе дискретного, ведомственно-поресурсного подхода, не учитывает объективную целостность экологических систем. Сформировавшийся к настоящему времени механизм управления пока не способен в полной мере решать задачи обеспечения экологической безопасности как на региональном, так и на национальном уровнях [3 – 5].

Противоречие между экологическими системами, имеющими тысячелетиями отлаженную замкнутую технологию обмена веществом, и произ-

водственными системами, не имеющими безотходных технологий и построеными в надежде на ассимилирующие свойства природных экосистем, достигло критической черты [4, 6].

В настоящее время разработано и успешно внедрено в практику расширяющееся множество организационных, технико-технологических, инженерных, социально-экономических, управлений и др. отдельных решений, направленных на обеспечение экологической безопасности, как на национальном, так и на региональном уровнях [7]. Однако они не имеют системного характера [8]. В связи с этим существует необходимость построения единой системы экологической безопасности, призванной обеспечить оптимальный уровень экологической безопасности с достижением нормативных показателей состояния окружающей среды.

С позиции системного подхода территория любого уровня может быть представлена как фундаментальное (пространственно-временное, вещественно-энергетическое, информационное) единство подсистем биосфера, социальных, искусственных и смешанных (искусственно-естественных) систем [9]. В совокупности они образуют целостную биосферную социально-техногенную геосистему (БСТГ).

В качестве основных компонентов БСТГ предлагается выделять: 1) биоценотическую подсистему или биоту, взаимодействующую с соответствующей экотопической (абиотической) подсистемой, которые обе в совокупности образуют биогеоценотическую подсистему биосфера (биоэкосистему); 2) социум и геотехнотоп, в совокупности образующие социально-геотехногенную систему (СГТС).

Анализ ряда опубликованных исследований позволяет сделать вывод, что становление и развитие СГТС во внутренней среде биосфера является закономерным продолжением единого потока самоорганизации материи [10 – 12]. Несмотря на то что механизмы и результаты этих процессов имеют свою, социально-техногенную специфику, основу их составляют те же, общие для всех открытых самоорганизующихся систем закономерности.

Эти закономерности определили то, что человек сохранил в себе биологическую качественную определённость, доставшиеся ему “по наследству” подсистемы глобальных регулирующих механизмов биосфера (РМБ) и, соответственно, биологические потребности. Вместе с тем, человек неизбежно стал носителем специфических социальных, интеллектуальных и духовно-нравственных потребностей, удовлетворение которых невозможно без социального (субъективного) целеполагания и регламентирования. Именно это обстоятельство составляет сущность биосоциального феномена человека: он может существовать постольку и до тех пор, пока обеспечиваются условия его экологической безопасности [13].

Становление и расширение социальной качественной определённости, как и биологической, объективно требует наличия механизмов, обеспечивающих поддержание устойчивости этих процессов или определённой управляющей системы СГТС и непрерывного совершенствования этих механизмов в динамических условиях системного окружения.

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Можно выделить два основных вида разрушающих антропогенно-техногенных воздействий на РМБ: 1) структурно-деструктивный; 2) функционально-деструктивный. Первый связан с пользованием СГТС пространственно-ресурсной функцией биогеосферы, второй вид воздействий связан с непосредственным пользованием СГТС средообразующих функций РМБ, включает ингредиентные и параметрические воздействия на разных этапах производственных ресурсных циклов. Он предполагает как потребление “продукции” РМБ в форме экологически безопасного качества природных ресурсов и условий, так и интродукцию отходов в естественные потоки вещества, энергии и информации.

Мощность, качественные характеристики, направления материально-энергетических потоков, а также естественные особенности соответствующих подсистем РМБ определяют масштабы и уровень “негашения” антропогенно-техногенных возмущений естественными циклами РМБ в соответствии с принципом Лешателье: слабые локальные воздействия могут “гаситься” локальными циклами РМБ, более сильные – региональными и т. д. Сложившийся уровень “негашения” сегодня и определяет масштабы и остроту практически всех известных региональных экологических проблем.

Обычно экологическая опасность ассоциируется с угрозой истощения природных ресурсов и нехваткой продовольствия; с угрозой антропогенно-техногенного загрязнения окружающей среды и природных ресурсов и, как следствие, его опасностью для здоровья населения и экономики. Такой подход является сильно упрощённым, поскольку упускает из вида угрозы, связанные с нарушением стабильности выполнения биотой – сложноорганизованным биокибернетическим механизмом биосфера, частью которого является сам человек – её социально-экономических функций.

Обычно учитываются факторы экологической опасности (ФЭО) только первого рода – контролируемые со стороны техносферы иываемые при организации социально-экономической деятельности. Реже – ФЭО первого рода, которые являются синергетическим результатом взаимодействия ФЭО первого рода, генерируемых различными видами хозяйственной деятельности в отдельности (например, известные “эффекты суммации” воздействия на биосистемы загрязняющих веществ). Ещё реже – ФЭО второго рода – контролируемые, но не учитываемые или учитывающие, но неконтролируемые и ФЭО третьего рода – неконтролируемые со стороны техносферы и не учитываемые при принятии решений.

Сама экологическая обстановка, определяющая экологическую ситуацию, не является простым прямым следствием воздействий на окружающую среду отдельных субъектов хозяйственной деятельности данной территории [14]. Она есть синергетический результат активного преобразования (ассимиляции, аккумуляции, трансформации, адаптации, регуляции) экосистемами отдельных экологических эффектов различных видов деятельности человека и, в силу этого обстоятельства, обладает способностью проявлять неожиданные и непредвиденные (эмурджентные) свойства. В результате активного преобразования биотой ФЭО первого, второго и третьего

рода, которые жёстко связаны с функционированием конкретных антропогенно-техногенных источников экологической опасности возможно появление таких ФЭО второго и третьего рода, которые не являются прямым следствием определённых видов деятельности человека, а есть совокупный результат взаимодействия разносторонне управляемых и слабо коррелированных в природоохранном аспекте различных видов деятельности, их воздействий на ОС и синергетических реакций биоты на эти воздействия.

В пространстве БСТГ все типы источников экологической опасности, включая потенциальные, находятся в неразрывной диалектической связи, определённой фундаментальным единством материи, и способны взаимопорождать друг друга (рис. 1).

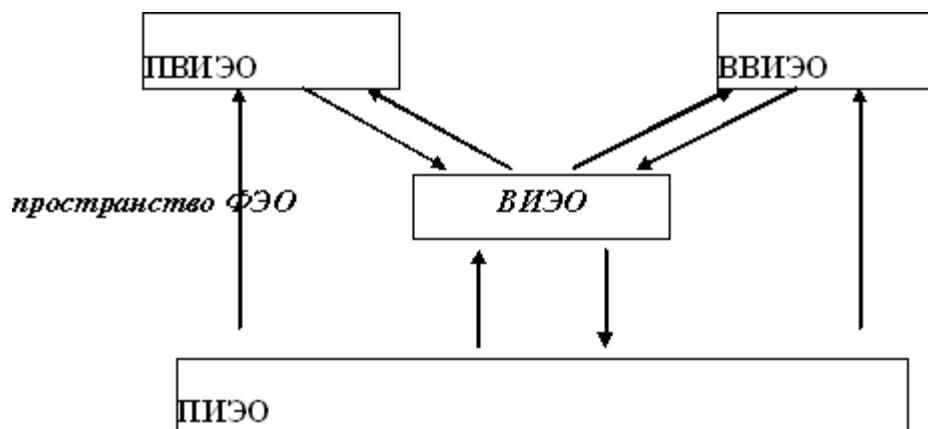


Рисунок 1 – Взаимосвязь источников экологической опасности в пространстве биосферной социально-техногенной геосистемы:

ПИЭО – первичные источники экологической опасности;

ВИЭО – вторичные источники экологической опасности;

ПВИЭО – потенциальные вторичные источники экологической опасности;

ВВИЭО – виртуальные вторичные источники экологической опасности

Всё множество факторов экологической опасности F в биосферной социально-техногенной геосистеме можно разделить на четыре части (табл. 1).

Таблица 1 – Декомпозиция множества факторов экологической опасности (ФЭО) F по признаку их регулируемости

Части множества F:	I	II	III	IV
Регулирующие механизмы биосфера (РМБ)	1	0	0	1
Управление социально-техногенной системой (УС СТС)	0	0	1	1

В таблице 1 часть множества F – I соответствует множеству ФЭО, регулируемых РМБ, но практически или принципиально не регулируемых управляющей системой СТС (УС СТС) (например, врождённые генетические программы, биохимические функции биоты, состав биокосных объектов, некоторые физиологические процессы, продолжительность жизни и т. п.); II – принципиально не регулируемые ни РМБ, ни УС СТС ФЭО – гео-

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

логические катаклизмы, ФЭО космически-планетарной природы и ФЭО, не регулируемые ни РМБ ни УС СТС вследствие их взаимной конфликтности; III – ФЭО, не регулируемые РМБ, но регулируемые УС СТС, например антропогенное поступление ксенобиотиков и тепловой энергии, потребление природных ресурсов; IV – ФЭО, регулируемые и РМБ, и УС СТС, например поступление биогенных загрязняющих веществ. Текущее распределение совокупности действующих в БСТГ ФЭО имеет стохастический и нестационарный характер [15].

Кроме того, каждый ФЭО в совокупности с негативными эффектами его действия во внутренней среде БСТГ целесообразно классифицировать по признакам контролируемости со стороны социума и учитываемости (прогнозируемости) в практической деятельности и при принятии решений. В соответствии с данной классификацией каждый ФЭО может быть отнесен к одной из четырёх групп, представленных в таблице 2.

Таблица 2 – Декомпозиция множества факторов экологической опасности – F по признакам их контролируемости и учитываемости

Группа ФЭО:	A	B	C	D
Контролируемость	1	0	0	1
Учитываемость	0	0	1	1

В таблице 2 группа ФЭО А – контролируемые, но неучитываемые; В – неконтролируемые и неучитываемые; С – неконтролируемые, но учитываемые; D – контролируемые и учитываемые ФЭО и их последствия. При этом, очевидно, что наибольшую опасность представляют собой ИЭО и ФЭО класса II в соответствии с таблицами 1 и 2.

В пространстве внутренней среды БСТГ воздействие ФЭО направлено как на биоэкосистемы, так и на СГТС, в том числе на человека.

При этом главной целью формирования системы экологической безопасности БСТГ (СЭБ БСТГ) должна быть организация управляемого взаимодействия УС СГТС и РМБ. В соответствии с таблицей 1 это взаимодействие должно быть направлено на:

- обеспечение максимальной эффективности РМБ регулирования ФЭО I класса и устранения соответствующих источников экологической опасности;
- недопущение наличия в пространстве БСТГ ФЭО II класса и соответствующих источников экологической опасности;
- обеспечение максимальной эффективности УС СГТС регулирования ФЭО III класса и устранения соответствующих источников экологической опасности;
- обеспечение максимальной эффективности УС СГТС регулирования ФЭО IV класса и устранение соответствующих источников экологической опасности и обеспечение максимальной эффективности РМБ при выполнении тех же функций.

Другими словами, стратегия обеспечения экологической безопасности, реализуемая системой обеспечения экологической безопасности, должна быть основана на необходимости решения следующих задач:

1) обеспечении сохранения и восстановления целевой эффективности РМБ в части элиминации из пространства внутренней среды БСТГ ИЭО и ФЭО II класса, которые являются принципиально нерегулируемыми для СГТС, в части элиминации максимальной доли ИЭО и ФЭО IV класса, которые одновременно являются регулируемыми и для биоты и для СГТС и, кроме того, в части защиты БСТГ биоэкосистемой от действия ФЭО II класса, принципиально нерегулируемых ни биотой, ни СГТС;

2) обеспечения максимально-возможной целевой эффективности СГТС в части элиминации из пространства внутренней среды БСТГ ИЭО и ФЭО III класса, которые являются принципиально нерегулируемыми для биоты, в части элиминации определенной доли тех ИЭО и ФЭО IV класса, которые одновременно являются регулируемыми и для биоты, и для СГТС, а также в части защиты СГТС и человека от тех регулируемых только биотой ИЭО и ФЭО I класса, которые нормальны для биоэкосистемы, но опасны или слишком дискомфортны для человека и общества;

3) обеспечения элиминации той части множества принципиально не регулируемых и для биоты, и для СГТС ИЭО и ФЭО II класса, которая является таковой вследствие действия неуправляемых противоречий между биоэкосистемой и СГТС;

4) мобилизации ресурсов, имеющихся в распоряжении СГТС, и ресурсов, высвобождающихся в процессе решения первых трех задач для защиты СГТС и биоэкосистемы в целом от ФЭО, принципиально не регулируемых ни биотой, ни СГТС (например, от катализмов планетарно-космической природы) [15 – 17].

Таким образом, УС СГТС в части обеспечения экологической безопасности человека и социума в БСТГ должна быть способной реализовывать комплекс основных мер, направленных на: 1) обеспечение не только защиты (в буквальном смысле) человека и социума в БСТГ от ИЭО и ФЭО, но и их способности самостоятельно защищаться от ИЭО и ФЭО; 2) обеспечение саморегулируемости ИЭО и ФЭО в БСТГ, а также способности человека и социума эффективно самоуправляться в условиях действия ИЭО и ФЭО, регулировать ИЭО и ФЭО, вплоть до их устраниния, до возможности адаптировать БСТГ в целом, в том числе свою собственную социальную и техногенную организацию (но не адаптироваться к ФЭО биологически); 3) обеспечение структурной и функциональной стойкости человека и социума и БСТГ в целом к действию ИЭО и ФЭО; 4) обеспечение условий для самоослабления ИЭО и ФЭО в БСТГ и способности человека и социума ослаблять действие ИЭО и ФЭО, активно противостоять ему; 5) обеспечение способности человека и социума и БСТГ в целом быстро самовосстанавливаться и ликвидировать последствия действия ИЭО и ФЭО; 6) обеспечение удаления человека и социума из зон воздействия ИЭО и ФЭО, а также возможности человека и социума и элементов БСТГ самостоятельно удаляться из зон воздействия ИЭО и ФЭО (уклоняться от их действия, избегать, маневрировать); 7) обеспечение человека и социума и БСТГ в целом ресурсами, необходимыми для реализации вышеперечисленных мер вещественными, энергетическими, простран-

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ственno-временными, информационными, структурно-функциональными и их социальными аналогами – финансовыми, кадровыми, организационными, материально-техническими и проч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение Правительства РФ от 31 августа 2002 г. № 1225-р “Об одобрении Экологической доктрины РФ”.
2. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. – М. : Прогресс-Традиция, 2000. – 416 с.
3. Ларин В., Мнацаканян Р., Честин И., Шварц Е. Охрана природы России: от Горбачева до Путина. – М. : WWF, КМК, 2003. – 416 с.
4. Государственный доклад “О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году”. МПРИЭ Российской Федерации. Официальный сайт: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128153>.
5. Горшков В.Г., Макарьева А.М., Лосев К.С. В повестке дня – стратегия выживания человечества // Вестник Российской академии наук. – 2006. – № 76. – С. 309 – 314.
6. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., Рейф И.Е. Перед главным вызовом цивилизации: взгляд из России. – М. : ИНФРА-М, 2005. – 224 с.
7. Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. – М. : ВИНИТИ. – 1995. – 470 с.
8. Экологическая энциклопедия : В 6 томах // В.И. Данилов-Данильян (гл. ред.), К.С. Лосев [и др.]. – М. : Энциклопедия, 2011.
9. Горский Ю.М. Системно-информационный анализ процессов управления. – Новосибирск : Наука; Сиб. отд-ние, 1988.
10. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М. : Россия молодая, 1992. – 365 с.
11. Урсул А.Д. Путь в ноосферу. Концепция выживания и устойчивого развития человечества. – М. : Луч, 1993. – 275 с.
12. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. – М. : Владос, 1994. – 336 с.
13. Некрасов С.И., Некрасова Н.А., Пеньков В.Е. Современные парадигмы эволюционных процессов. – М. : Академия Естествознания, 2007.
14. Казначеев В.П. Феномен человека: космические и земные истоки. – Новосибирск : Кн. изд-во, 1991. – 125 с.
15. Щедровицкий П.Г. Деятельностно-природная система // Человек и природа. – М. : Знание, 1987. – № 12. – С. 12 – 63.
16. Лебедев Е.Л., Аванесян Р.Р. Управляемое взаимодействие с биосферой как новая парадигма обеспечения экологической безопасности // Формирование экологической культуры – актуальная задача современности : Материалы Всероссийской научной конференции (Пенза, 1-3 апреля 1997 г.). – Часть 2. – С. 44 – 46.
17. Лебедев Е.Л. Экологический мониторинг и стратегия обеспечения экологической безопасности // Экологическая безопасность регионов России : Материалы Международного постоянно действующего научно-технического семинара. – Пенза, 1999. – С. 79 – 82.
18. Лебедев Е.Л. Новая тактика обеспечения экологической безопасности общества // Новые промышленные технологии: производственно-технический журнал. – 1997. – Вып. 3 (278). – С. 61 – 74.

УДК 502.5

**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ХИМИИ,
НЕФТЕХИМИИ И ТРАНСПОРТА – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД
ЗАЩИТЫ ЭКОСИСТЕМ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

- © **Н.И. Николайкин**, Московский государственный технический университет гражданской авиации (г. Москва, Россия)
- © **Ю.Г. Худяков**, Московский государственный технический университет гражданской авиации (г. Москва, Россия)
- © **В.П. Макаров**, Московский государственный технический университет гражданской авиации (г. Москва, Россия)

**THE PREVENTION OF FAILURES ON DANGEROUS OBJECTS
OF CHEMISTRY, PETROCHEMISTRY AND TRANSPORT –
AN EFFECTIVE METHOD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION**

- © **N.I. Nikolaykin**, Moscow state technical university of civil aviation (Moscow, Russia)
- © **J.G. Hudjakov**, Moscow state technical university of civil aviation (Moscow, Russia)
- © **V.P. Makarov**, Moscow state technical university of civil aviation (Moscow, Russia)

Статья посвящена важному направлению защиты окружающей среды от загрязнения вследствие различных чрезвычайных ситуаций: аварий и катастроф на опасных производственных объектах. Предложено решать эту задачу путём предотвращения таких событий, в частности, с использованием результатов аттестации рабочих мест по условиям труда.

Ключевые слова: предупреждение, авария, защита окружающей среды.

This article is devoted an important direction of environmental protection from pollution owing to various emergency situations: failures and accidents on dangerous industrial objects. It is offered to solve this problem by prevention of such events, in particular with use of workplaces certification on working conditions.

Key words: prevention, breakage, environmental protection.

E-mail: nikols_n@mail.ru, bimotek-h@mail.ru, valmaka@yandex.ru

Тысячелетия истории человечества связаны с существованием в условиях разнообразных опасностей различной природы, прежде всего природных опасностей, традиционно называвшихся стихийными бедствиями (лесные пожары, ураганы, наводнения, землетрясения, засухи). За последние сотни лет к природным добавились техногенные опасности – аварии на инженерных коммуникациях, взрывы, обрушения и пожары в зданиях и сооружениях. В наши дни по своему суммарному ущербу они стали сопоставимы с потерями от стихии. Сегодня понятно, что сложившаяся веками практика противодействия чрезвычайным ситуациям и преодоления их разрушительных результатов уже недостаточна, она перестала устраивать общество, которому необходима комплексная система обеспечения безопасности жизни и деятельности человека [1].

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ХИМИИ...

Одним из важнейших требований современного общества является обеспечение экологической безопасности, защита окружающей среды от негативного воздействия разнообразных техногенных источников загрязнения и, в том числе, от загрязнения среды обитания человека, сопровождающего любые нештатные и чрезвычайные ситуации [2]. На рубеже веков возникла очевидная потребность в достоверном прогнозировании и предупреждении техногенных аварий и катастроф во всех отраслях народного хозяйства и, прежде всего, при эксплуатации опасных производственных объектов (ОПО), а также в оценке масштабов негативного воздействия на биосферу (загрязнения окружающей среды), вызываемого разнообразными чрезвычайными событиями [3].

Основы обеспечения безопасной эксплуатации (предупреждение аварий) опасных производственных объектов определяет Федеральный закон от 21.07.1997. № 116-ФЗ [4], в соответствии с основными понятиями которого к ОПО относится большинство предприятий химии, нефтехимии, транспорта и, безусловно, авиация. Аварии на ОПО предприятий и организаций этих отраслей экономики связаны с нарушениями технологических циклов и, как следствие, с проливами больших количеств горючих веществ. Это закономерно ведёт к пожарам с образованием широкого спектра продуктов горения, являющихся загрязнителями окружающих экологических систем. В результате аварии и катастрофы, кроме человеческих жертв и очевидных материальных потерь, приводят к существенному локальному загрязнению биосферы.

Центральной особенностью этого негативного воздействия на окружающую среду является его аварийно-заплывообразный характер, то есть полная неопределенность как времени и места (особенно на транспорте) такого события, так и объёма и интенсивности воздействия [5].

Проливы топлива и горюче-смазочных материалов как в местах их хранения и распределения, так и при авариях ОПО представляют значительную экологическую опасность в связи с возможностью загрязнения нефтепродуктами больших территорий поверхности суши и водных объектов, а также проникновения нефтепродуктов в водоносные горизонты.

Кроме того, например, при авиаперевозках, в случаях серьёзных отказов систем самолётов, требующих срочно прервать полёт или совершающих посадку во внештатном режиме, для уменьшения посадочной массы приходится избавляться от излишков топлива, что приводит к “холостому” загрязнению атмосферы. При ложных срабатываниях некоторых сигнальных систем, например пожарной сигнализации, возникают аналогичные ситуации.

Экстренное проведение аварийно-спасательных работ после таких происшествий сопровождается большими материальными затратами и значительным дополнительным воздействием на окружающую среду.

При ликвидации последствий техногенной чрезвычайной ситуации происходит значительное загрязнение окружающей среды: выбросы двигателей спасательной техники, сконцентрированной в районе происшествия; использование средств пожаротушения; уничтожение зелёных насаждений, препятствующих проведению спасательных операций; многое другое.

В авиации чрезвычайные события, обозначаемые термином “авиационные происшествия” [3], часто сопровождаются крупными пожарами, что подтверждается многочисленными примерами.

Так, по данным Главного управления МЧС по Иркутской области, за последние 15 лет в одной только этой области произошел ряд серьезных катастроф, связанных с авиацией. В 1997 г. военно-транспортный самолет Ан-124 “Руслан” совершил рейс по маршруту Москва – Иркутск – Владивосток – Вьетнам. Полностью заправленный (около 200 т авиатоплива) самолёт через 20 секунд после взлёта потерял управление и рухнул на жилые дома города. Был полностью разрушен 64-квартирный жилой дом, пострадали две школы и ещё два жилых деревянных дома. Пожар и разрушения в черте города отмечены на площади около 2 км². В аварийно-спасательных работах было задействовано 1970 человек и 183 единицы техники [6].

В 2006 г. при посадке в аэропорту города Иркутска потерпел авиакатастрофу самолет А-310 авиакомпании “Сибирь”. Самолет выкатился за пределы ВПП, пробил бетонное ограждение, вспыхнул и загорелся. Площадь пожара составила около 200 м². В проведении аварийно-спасательных работ было задействовано 719 специалистов, 116 единиц техники [6].

В феврале 2012 г. истребитель Су-24 потерпел катастрофу в Курганской области. Самолет упал в озеро Большой Кошкуль, и из него вылилось около 1,5 тонн авиационного керосина и примерно 250 литров масел. Замерами в воде было обнаружено превышение уровня загрязнения нефтепродуктами в тысячи раз. При проведении аварийно-спасательных работ в месте падения самолета провели выемку грунта и вывезли около 150 тонн загрязненного льда.

Дополнительное негативное экологическое воздействие возникает при различных ЧС с ОПО при их обслуживании и ремонте, а также при авариях и прочих ЧС на вспомогательных объектах, например электро- и радиообеспечения эксплуатации ОПО.

Техническое обслуживание и ремонт оборудования, относящегося к категории опасных производственных объектов (ОПО), – важный составной элемент его безаварийной работы, обеспечивающий снижение риска отказа (аварии) оборудования в процессе его эксплуатации, а также риска аварийно-заплывого загрязнения окружающей среды [2]. Ошибка человека при техническом обслуживании или при ремонте оборудования оказывает не менее критическое влияние на безопасность эксплуатации, чем ошибки создателей оборудования (проектировщиков и изготовителей) и операторов, обслуживающих технологический процесс и управляющих этим опасным производством.

В современных условиях повышенных требований к аппаратурному оформлению ОПО одним из основных источников риска его функционирования стал субъект производственной деятельности, а именно работник, осуществляющий его эксплуатацию и регламентные работы.

Степень риска всего ОПО не может быть меньше степени риска его составляющих, в том числе профессионального риска персонала, обслужи-

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ХИМИИ...

вающего оборудование в соответствующих условиях труда. На профессиональные характеристики персонала, на качество работ по обслуживанию ОПО влияют условия на рабочем месте.

Современная организация производственной деятельности в качестве обязательного компонента предполагает периодическое проведение процедуры аттестации рабочих мест по условиям труда, результаты которой целесообразно использовать для оценки профессиональных рисков, которые характеризуют риски эксплуатации ОПО. Выявление, оценка и управление такими рисками позволит снизить уровень профессионального риска и, как следствие, уменьшить уровень ошибочных действий персонала различных категорий (рабочий, специалист, администрация), а значит, снизить риски эксплуатации ОПО, риск аварий и риск аварийно-запрового загрязнения окружающей среды.

Методология процедуры аттестации рабочих мест по условиям труда, существующая в нашей стране [4], предполагает определение уровня рисков профессиональных заболеваний с использованием инструментальных методов измерения факторов производственной среды с последующей их обработкой по определённым алгоритмам и расчётом вероятностей рисков в зависимости от физиологических характеристик человеческого организма.

Поскольку аттестация рабочего места – процедура обезличенная (не предусматривает учёт отнесения работника к одной из стандартных категорий), ее необходимо дополнить рейтинговой оценкой конкретного работника с указанием допустимого для данного рабочего места интервала рейтинговой оценки [8].

Для оценки идентифицированных рисков используется матрица риска (вероятность события, тяжесть последствий события) и осуществляется их позиционирование по этапам деятельности категорий персонала. В дальнейшем полученным значениям рисков для категорий персонала, в соответствии с рекомендациями [8], присваивается рейтинг, зависящий от должностной или функциональной компетентности.

Рейтинговый подход с использованием методов математической статистики, теории шкал и теории квадиметрических измерений в целом позволяет сформировать математически корректный и научно обоснованный аппарат расчета системы рейтинговых показателей для системы обеспечения безопасности эксплуатации ОПО. Имея систему комплексного оценивания системы рисков, можно ставить задачу разработки “программы”, обеспечивающей уменьшение интегрального значения величины риска производственной деятельности до регламентированного (задаваемого) уровня безопасности ОПО, а значит снижения риска загрязнения окружающей среды.

Таким образом, для формирования комплексных решений, направленных на снижение уровней рисков производственной эксплуатации ОПО различных отраслей экономики страны, определяющих аварийность этих объектов, предлагается использовать новую методологию управления рисками эксплуатации ОПО, основанную на формировании областей профессиональных рисков производственной среды по результатам аттестации рабочих мест по

условиям труда. Эта методология предусматривает математическую обработку результатов аттестации с использованием рейтингового подхода, корреляционного и факторного анализа, а также с последующей матричной сверткой, учитывающей оценку условий производственной среды и иных внешних факторов, выполненную лицами, принимающими решения.

Вышеописанное позволяет формировать комплексные решения для снижения уровней рисков эксплуатации ОПО различных отраслей экономики страны.

Научное обоснование принципов и разработка методов предотвращения негативных экологических последствий любых техногенных аварий и катастроф на опасных производственных объектах промышленности, транспорта и иных отраслей экономики РФ – актуальная задача соответствующих отраслей в сфере их природоохранной деятельности и повышения экологической безопасности.

Наиболее эффективным методом предупреждения загрязнения природной среды при техногенных авариях и катастрофах следует считать предотвращение аварий и катастроф путём снижения профессиональных рисков всего персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Махутов Н., Андреева Т. Фактор риска становится ключевым в новой политике управления // РЖД-Партнер. – 2009. – № 3 (151). – С. 4.
2. Матягина А.М., Рыбалкина А.Л., Николайкин Н.И. Проблемы антропогенного воздействия на окружающую среду чрезвычайных ситуаций // Известия Самарского НЦ РАН. Спец. выпуск “Безопасность. Технологии. Управление”. – Самара, 2008. – С. 90 – 94.
3. Николайкин Н.И., Зубков Б.В., Рыбалкина А.Л. Анализ статистики чрезвычайных ситуаций в современной ГА // Проблемы анализа риска. – Том. 5, 2008. – № 1. – С. 38 – 52.
4. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. Федеральный закон от 21.07.1997. № 116-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://base.consultant.ru/cons/cgi/online/\(21.05.12\)](http://base.consultant.ru/cons/cgi/online/(21.05.12)).
5. Николайкина Н.Е., Николайкин Н.И., Матягина А.М. Промышленная экология. – М. : ИКЦ “Академкнига”, 2006. – 240 с.
6. История создания и развития ГО в Иркутской области. Главное управление МЧС России по Иркутской области. Официальный сайт. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.38.mchs.gov.ru/> (11.05.12).
7. Об утверждении Порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда. Приказ Минздравсоцразвития России от 26.04.2011. № 342н. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://base.consultant.ru/cons/cgi/online/\(21.05.12\)](http://base.consultant.ru/cons/cgi/online/(21.05.12)).
8. Могилат В.Л. Обеспечение эффективного управления промышленной безопасностью горных предприятий путем целенаправленного формирования информационных потоков : Автoref. дисс. ... д.т.н. – М., 2006. – 36 с.

АНАЛИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВ β -ЛАКТАМОВ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

- © *K.R. Таранцева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)*
- © *M.A. Марынова, Пензенская государственная технологическая академия(г. Пенза, Россия)*
- © *M.I. Яхкинд, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

ANALYSIS OF THE WASTEWATER INDUSTRY β -LACTAMS AND METHOD FOR REDUCING TECHNOGENIC LOAD

- © *K.R. Tarantseva, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*
- © *M.A. Marynova, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*
- © *M.I. Yahkind, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

Показано, что в настоящее время β -лактамы пенициллинового ряда выделяют из технологических сред с использованием экстракционного метода, основным недостатком которого является необходимость использования значительных объёмов органических растворителей. Предложен сорбционный метод выделения β -лактамов пенициллинового ряда из технологических сред позволяющий сократить в 2 раза номенклатуру и в 3,5 раза общий объём органических растворителей, по сравнению с применяемыми в экстракционной технологии.

Ключевые слова: β -лактамы пенициллинового ряда, технологические среды, выделение, экстракционный метод, органические растворители, сорбционный метод, сточные воды, техногенная нагрузка.

It is shown that at present the β -lactam penicillin isolated from the process media using the extraction method, which is the main disadvantage is the need to use large amounts of organic solvents. Proposed sorption method for isolating β -lactam penicillin from the process media allows you to reduce the range of 2 times and 3.5 times the total amount of organic solvents, as compared to used in extractive technology.

Key words: β -lactams penicillin, technological environment, selection, extraction method, organic solvents, sorption method, waste water, technogenic load.

E-mail: krtar@bk.ru, marynova-m.a@mail.ru, yah@sura.ru

Производство антибиотиков является многоотходным процессом, что обуславливает относительно высокую загрязненность сточных вод. Как показало изучение отходов отрасли, в среднем из каждой тонны использованного сырья (при полном цикле производства), не считая воды и воздуха, образуется 8 кг антибиотика, то есть степень использования сырья составляет всего лишь 0,8 %, что значительно ниже средней величины, которая, по данным академика Г.И. Сидоренко, составляет 5-10 %. Таким образом, 99,2 % используемого сырья уходит в виде отходов [1].

Сточные воды химико-фармацевтических предприятий, выпускающих антибиотики, в соответствии с источником их образования, условно можно разделить на три основные группы: 1 – сточные воды, образующиеся непосредственно в процессе получения антибиотиков; 2 – сточные воды, образующиеся в процессе выполнения вспомогательных операций; 3 – хозяйственные сточные воды.

Из этих трех групп наиболее загрязненными являются сточные воды 1-й группы. БПК и ХПК данных стоков в определенных случаях может достигать, соответственно, 10-15 тыс. мг/л и 20-25 тыс. мг/л и более. Их количество составляет от 10 до 20 % [1].

Кроме высоких значений ХПК и БПК, сточные воды производства антибиотиков характеризуются наличием загрязнений с широким диапазоном биоокисляемости – от легкоокисляемых до трудноокисляемых и инертных органических веществ. Последние могут составлять до 20 % от общего количества загрязнений. Сточные воды производства полусинтетических антибиотиков, в частности производных пенициллина и некоторых других, характеризуются более высокой загрязненностью.

Наибольшее количество загрязнений (около 26 %) приходится на долю органических растворителей. В большинстве случаев органические растворители применяются в качестве среды для проведения реакций или для выделения и очистки продуктов и лишь в редких случаях непосредственно участвуют в синтезе препарата. Большое количество органических растворителей, расходующихся в производстве, обычно указывает на несовершенство технологии или аппаратурного оформления схемы получения препарата [2]. В производстве биосинтетических антибиотиков доля бутилацетата составляет 27,7 % от доли всех используемых в отрасли растворителей, бутилового спирта – 18,4 %, ацетона – 8 %. При этом в процессах производства β-лактамов пенициллинового ряда при их экстракционном выделении из промышленных технологических сред расходуется до 63,5 % всего объема бутилацетата и до 100 % всего объема бутанола.

Из сказанного следует, что вопрос о регенерации и утилизации растворителей при производстве β-лактамов пенициллинового ряда приобретает особо важное значение как в целях улучшения экономических показателей, так и с точки зрения охраны окружающей среды.

Планомерное снижение антропогенного воздействия технологических объектов химико-фармацевтического производства является достаточно трудной задачей, решение которой требует комплексного подхода. Она включает усовершенствование оборудования и технологических процессов с целью создания замкнутых циклов; сокращение объема или исключение из номенклатуры органических растворителей; разработку и внедрение эффективных методов регенерации, обезвреживания или утилизации; разработку эффективных методов мониторинга вредных веществ в отходах.

Существующие способы регенерации органических растворителей позволяют достаточно полно извлечь их из реакционных смесей или жидких отходов. Степень регенерации растворителей составляет в среднем 92-

АНАЛИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВ β -ЛАКТАМОВ...

98 %. Однако относительно небольшие остаточные количества органических растворителей, содержащиеся в кубовых остатках, могут представлять потенциальную опасность для окружающей среды. Поэтому разрабатываются дополнительные приёмы по их обезвреживанию.

Адсорбция используется для глубокой очистки сточных вод от остаточных количеств органических веществ. Эффективность очистки зависит от химической природы, структуры адсорбента, свойств адсорбируемых примесей и может достигать 80-95 %.

Биохимические методы также используют для разложения остаточных количеств органических веществ, поскольку некоторые микроорганизмы способны употреблять органические вещества сточных вод для питания.

В настоящее время практически все сточные воды химико-фармацевтических производств очищаются биологическим способом на очистных сооружениях предприятия.

Показатели процесса биологической очистки во многом определяются природой загрязняющих веществ. Загрязнённость сточных вод производства в-лактамов пенициллинового ряда характеризуется следующими показателями: ХПК около 15-12 тыс. мг/л; БПК около 9 тыс. мг/л [3].

Биологическая очистка сточных вод производства в-лактамов, с высоким содержанием в них органических веществ, возможна лишь при условии соответствующего разбавления (что приводит к повышению норм водопотребления) и использования адаптированного ила.

При биологической очистке особое внимание обращается на факторы, неблагоприятно влияющие на живые организмы активного ила. Так, показано, что концентрации бутилацетата выше 0,1 % в сточной воде значительно ингибируют процесс его биодеструкции [4].

Повышение эффективности биологической очистки проводится по трём направлениям:

- 1) оптимизация работы очистных сооружений;
- 2) использование высокоэффективных штаммов-деструкторов загрязнений;
- 3) выделение на локальную очистку токсических и трудноокисляемых веществ.

Одним из перспективных методов, позволяющих интенсифицировать процесс очистки, является биосорбционный метод, заключающийся в пропускании насыщенной кислородом сточной воды через взвешенный слой гранулированного угля с наросшей на гранулах биопленкой из микроорганизмов активного ила. В результате совместного действия процессов сорбции и биоокисления происходит эффективное изъятие загрязнений.

Одним из направлений электрообработки сточных вод является электрохимическая деструкция, то есть разрушение примесей в результате их анодного окисления и катодного восстановления, а также химических реакций окисления и восстановления в объеме обрабатываемых жидкостей посредством образующихся на электродах окислителей и восстановителей [3, 4].

При этом в качестве анодов используется нерастворимый в условиях электролиза материал. В процессе окисления и восстановления присутству-

ющие в воде примеси превращаются в нетоксичные или малотоксичные вещества и удаляются из водной фазы в виде газа или осадка.

Метод электрохимической деструкции может быть наиболее эффективным для очистки сточных вод, содержащих органические загрязнения в истинно растворенном состоянии.

Наиболее эффективным способом снижения загрязнённости сточных вод производства -лактамов пенициллинового ряда является замена экстракционной технологии извлечения целевых продуктов из технологических сред на сорбционную. Сорбционный метод выделения не требует применения органических растворителей, концентрирование целевых продуктов происходит в фазе полимерной матрицы сорбента. При этом общий объём органических растворителей, входящих в состав элюирующих смесей, в 3-4 раза ниже по сравнению с объёмами органических растворителей, применяемых при экстракции. Поэтому разработка сорбционной технологии применительно к технологическому процессу производства наиболее значимой группы антимикробных средств – полусинтетических в-лактамов, является приоритетной задачей.

Авторами разработана технология сорбционного извлечения в-лактамов из промышленных технологических сред, окисления их в фазе сорбента и выделения из фазы сорбента промежуточных продуктов (калиевые соли феноксиметилпенициллина (PenV) и сульфоксиды феноксиметилпенициллина (SO-PenX)) для последующего получения полусинтетических в-лактамов пенициллинового и цефалоспоринового ряда.

Для предварительной очистки технологических сред от балластных примесей, существенно снижающих сорбционную ёмкость адсорбентов, в технологический процесс ввели стадию микрофильтрации на мембранный аппарате с полыми волокнами.

Разработанная сорбционная технология выделения β-лактамов представлена в виде схем I и II (рис. 1).

Схема I предложена для выделения SO-PenX, направляемого на стадии синтеза 7-ФДЦК (7-фенилацетамидо-3-дезацетокси-3-ем-цефалоспорановой кислоты) и далее – для получения полусинтетических в-лактамов цефалоспоринового ряда.

Схема I состоит из следующих стадий: микрофильтрация, сорбция в-лактамов пенициллинового ряда из технологической среды на Поролас СГ-2Т; промывка сорбента водой; химическое окисление соединений, находящихся в фазе сорбента пероксидом водорода (33 %) в присутствии катализатора вольфрамата натрия (, промывка водой, десорбция 60% водным ацетоном с добавлением 2,5% раствора ацетата натрия.

Полноту окисления обеспечивают: соотношение сорбированного в-лактама к катализатору – (14,0-15,0):1,0 (по массе); мольное соотношение пероксида водорода (33%) к сорбированному в-лактаму 1:0,15 (моль).

Концентрированные элюаты подкисляли до величины водородного показателя от 1,6 до 1,8 pH 10% раствором H_2SO_4 , выпавший в осадок SO_4^{2-} PenX отфильтровывали, промывали водой, высушивали.

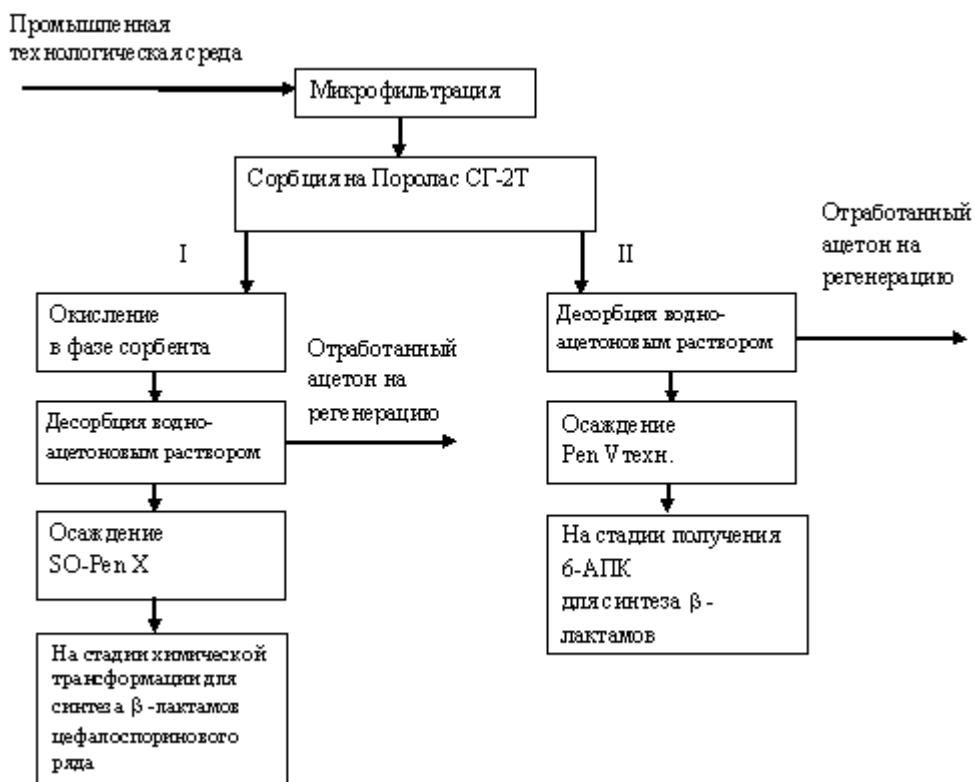


Рисунок 1 – Технологические сорбционные схемы I и II получения полусинтетических β -лактамов

Схема II предложена только для PenV, направляемого на энзиматическое дезацилирование и получение 6-АПК – полупродукта для дальнейшего синтеза полусинтетических β -лактамов пенициллинового ряда. Схема II состоит из следующих стадий: микрофильтрация; сорбция PenV из технологической среды на Поролас СГ-2Т; промывка сорбента водой; десорбция 60% водным ацетоном с добавлением 2,5% ацетата натрия; отгонка ацетона; осаждение PenV добавлением 10% раствора H_2SO_4 до значения водородного показателя (1,7-1,9) pH; фильтрация; высушивание технической кислоты PenV.

Полученные в соответствии с разработанной технологией образцы SO-PenX и 6-АПК соответствовали установленным по отношению к ним стандартным требованиям.

Как видно из представленных схем I и II, предлагаемая сорбционная технология имеет ряд преимуществ по сравнению с экстракционной.

Во-первых, она позволяет получать два продукта: SO-Pen X и PenV в форме кислоты для получения полусинтетических β -лактамов как цефалоспоринового, так и пенициллинового ряда на одном и том же оборудовании, что выгодно и с технологической, и с экономической точки зрения.

Во-вторых, применение сорбционной схемы выделения позволяет исключить бутилацетат и бутанол из технологического процесса путём замены их на ацетон, при этом объём ацетона, применяемого в составе элюента, в 3,5 раза ниже общего объёма бутилацетата и бутанола.

Анализ кривых выживания микробной тест-культуры после контакта с кубовыми остатками процесса регенерации органических растворителей, проведенный нами ранее [5], подтвердил меньшую потенциальную опасность ацетонсодержащего стока по сравнению с бутанол- и бутилацетатным стоками. Показатель резкого снижения выживаемости тест-объекта после контакта с ацетонсодержащими кубовыми остатками (в граммах кубового остатка/1л смеси) в 3 раза ниже по сравнению с бутанолом и в 6 раз ниже по сравнению с бутилацетатом. Доказана меньшая токсичность стоков и потери от коррозии технологического оборудования в этом случае [6 – 10].

Таким образом, разработана ресурсосберегающая альтернативная сорбционная технология выделения β -лактамов из технологических сред, которую можно рекомендовать для промышленного освоения на предприятиях отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпухин В.Ф., Файнгольд З.Л., Абрамов А.В. Состояние и пути решения проблемы охраны окружающей среды от загрязнения отходами производства антибиотиков // Тр. ВНИИА. Успехи в области изучения и производства антибиотиков. – Вып. 9. Проблемы совершенствования и интенсификации технологии антибиотиков. – 1981. – С. 133 – 143.
2. Зелинский Ю.Г., Шемерянкин Б.В., Шмаков Н.М. Выделение и очистка веществ в химфармпромышленности. – М. : Медицина, 1982. – С. 167 – 170.
3. Карпухин В.Ф., Абрамов А.В., Леонова В.Е. Биологическая очистка сточных вод производства антибиотиков // Тр. ВНИИА. Успехи в области изучения и производства антибиотиков. – Вып. 9. Проблемы совершенствования и интенсификации технологии антибиотиков. – 1981. – С. 121 – 132.
4. Заикина Н.А., Елинов Н.П., Якимов П.А. К очистке сточных вод в производстве антибиотиков // Тр. ЛХФИ. Вып. 15. Вопросы ферментации и очистки антибиотиков. – 1962. – С. 279 – 284.
5. Таранцева К.Р., Фирсова Н.В., Марынова М.А. Биотестирование как инструмент принятия экологически обоснованных технологических решений // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – 2011. – № 25. – С. 592 – 596.
6. Таранцева К.Р., Красная Е.Г., Лебедев Е.Л., Коростелева А.В. Анализ техногенного воздействия промышленных предприятий г. Пензы на гидросферу // Экология и промышленность России. – 2010. – № 12. – С. 40 – 45.
7. Таранцева К.Р., Фирсова Н.В. Влияние продуктов коррозии на токсичность промышленных стоков // Защита металлов. – 2006. – Т. 42, № 2. – С. 204 – 209.
8. Таранцева К.Р., Яхкинд М.И. Анализ воздействия на окружающую среду в процессе синтеза 7-аминоцефалоспорановой кислоты // Безопасность в техносфере. – 2009. – № 3. – С. 19 – 22.
9. Таранцева К.Р., Пахомов В.С. Анализ потерь в химико-фармацевтической промышленности // Коррозия: материалы, защита. – 2008. – № 5. – С. 19 – 23.
10. Таранцева К.Р., Яхкинд М.И. О химическом сопротивлении неметаллических материалов оборудования при получении 7-аминоцефалоспорановой кислоты // Коррозия: материалы, защита. – 2008. – № 12. – С. 34 – 36.

**СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ
ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТМАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

© **T.A. Шарков**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **С.Ю. Ефремова**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **О.Г. Курочкина**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **Е.Л. Лебедев**, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

**NEGATIVE IMPACT DECREASE OF WASTE PRODUCTS
OF PLASTICS PRODUCTION ON THE ENVIRONMENT**

© **T.A. Sharkov**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© **S.U. Eefremova**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© **O.G. Kurochkina**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© **E.L. Lebedev**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

Статья посвящена разработке конкретных мероприятий по снижению негативного влияния производства пластмассы. Показано конкретное природоохранное мероприятие по управлению экологической безопасностью в области образования отходов, направленное на снижение уровня техногенного воздействия на окружающую среду. Сделан вывод, что планируемое мероприятие позволит снизить негативную нагрузку на окружающую среду.

Ключевые слова: окружающая природная среда, отходы производства, класс опасности отхода производства, природоохранное мероприятие.

The article is devoted to the development of specific actions for decreasing negative impact of plastics production. One such environmental action for controlling environmental safety in the sphere of waste products aiming at decreasing technogenic impact level on the environment is under discussion. The conclusion is as follows – this planned action allows us to decrease negative load on the environment.

Key words: environment, waste products, danger class of waste products, environmental action.

Научно-технический прогресс, дающий человеку много благ, одновременно оказывает и отрицательное влияние на окружающую природу. В результате сжигания топлива и других промышленных процессов за последние 100 лет в атмосферу выделено около 400 млрд. т оксида углерода (IV); его концентрация в атмосфере возросла на 18 %. За год в атмосферу выбрасывается более 200 млн. т оксида углерода (II), более 50 млн. т оксидов азота.

Выход из создавшегося экологического кризиса наука видит, прежде всего, в создании технологий, по которым большая часть природных ресурсов, вовлекаемых в хозяйственный оборот, должна будет преобразовываться в полезную продукцию. Ту часть, которую на современном уровне развития науки и техники нельзя использовать, необходимо обезвредить [2, 7].

Уже сегодня промышленные объекты имеют очистные сооружения для сточных вод, газо- и пылеулавливающие устройства, внедряются замкнутые системы водоснабжения, малоотходные технологические системы.

Отходы производства и потребления наряду с выбросами в атмосферный воздух и сбросами в водные объекты загрязняющих веществ являются одними из главных источников загрязнения окружающей среды.

Негативное воздействие отходов выражается, прежде всего, в поступлении в природную среду вредных и токсичных веществ, входящих в их состав и ведущих к загрязнению почв, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха.

Отходы производства и потребления, являясь источниками загрязнения окружающей природной среды, в зависимости от их негативного воздействия на окружающую среду подразделяются в соответствии с критериями, установленными федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим государственное регулирование в области охраны окружающей среды, на пять классов опасности:

- I – чрезвычайно опасные отходы,
- II – высокоопасные отходы,
- III – умеренно опасные отходы,
- IV – малоопасные отходы,
- V – практически неопасные отходы [1, 3, 4].

В соответствии с санитарными правилами (СП) 2.1.7.1386-03 каждый класс отходов подразделяется еще на 4 подкласса по степени воздействия на здоровье человека. Сами же “критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды” утверждены приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 15.06.2001 № 511. В соответствии с этим документом, отнесение отходов к классу опасности для окружающей природной среды может осуществляться расчетным или экспериментальным методами. Расчетный метод отнесения отходов к классу опасности для окружающей среды (ОС) основан на определении показателя, характеризующего степень опасности отхода при его воздействии на ОС, который рассчитывается по сумме показателей опасности веществ, составляющих отход (компонентов). Экспериментальный метод (биотестирование водной вытяжки отходов) осуществляется в специализированных аккредитованных для этих целей лабораториях [5, 6].

Ответственность за мероприятия по предотвращению или снижению их образования, на стадии образования отходов, возлагается законодательством на производителя отходов [4].

В данной работе рассматриваются проблемы образования и размещение отходов производства и потребления от предприятия ООО “СтанкИм”.

Основная производственная деятельность предприятия заключается в изготовлении листов из акрилбутадиенстиrola и автомобильных деталей из них. В результате деятельности цеха по производству пластмасс образуются 11 видов отходов, всего образуется 12 наименований отходов производства и потребления действующего предприятия общей массой 27,93915 т/год (46,0156 м³/год). В том числе: по классам опасности:

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ...

I класса опасности 0,01615 т/год (0,1009 м³/год),
III класса опасности 0,994 т/год (1,677 м³/год),
IV класса опасности 23,055 т/год (26,660 м³/год),
V класса опасности 3,874 т/год (17,5777 м³/год).

Предотвращение или смягчение воздействия опасных отходов на окружающую среду является главной целью природоохранных мероприятий и нашей работы.

Первым шагом для достижения данной цели планируется проведение экспериментального метода отнесения некоторых отходов к классу опасности для окружающей природной среды с целью снижения классов их опасности.

Вторым шагом с целью уменьшения воздействия отходов V класса опасности предлагается передавать ряд отходов на переработку и использовать такие отходы, как отходы картона незагрязненные; отходы полипропилена в виде пленки. Отходы, передаваемые специализированным организациям на переработку и обезвреживание, исключаются из перечня размещаемых для захоронения отходов.

Третиим шагом с целью уменьшения воздействия отходов III класса и снижения класса опасности предлагается использование сорбентов, что приведет к уменьшению загрязнения минеральными маслами в таких отходах, как опилки древесные и обтирочный материал и позволит переквалифицировать их в IV класс опасности.

Механизм отнесения отходов к классу опасности не нов, он применяется на практике уже многие годы, так что установление опасности отхода только прямым исчислением суммы показателей опасности веществ, составляющих отход, представляется авторам сужением номенклатуры отходов, относимых к категории опасных. Работа по отнесению отходов, образующихся на имеющихся предприятиях и у населения, к тому или иному классу опасности проводится в рамках мероприятий по расчету проектов нормативов образования отходов и лимитов их размещения в окружающей среде (ПНООЛР), осуществляются преимущественно силами самих юридических лиц, деятельность которых сопровождается образованием отходов [3].

Для оптимального выбора вида сорбента важно знать преимущества использования различных сорбентов и уметь оценить экономическую эффективность их применения. На сегодняшний день используются около 200 видов различных сорбентов, которые можно классифицировать по различным признакам. На основании проведенного анализа предлагаемых методов можно сделать вывод, что наиболее приоритетным направлением является применение биосорбента “Верда-1”.

Концентрация загрязнения минеральными маслами в отходах, по данным протоколов анализа отходов, составляет:

- в опилках древесных – 22 %,
- в обтирочном материале – 18 %.

С учетом проведенных испытаний препарата уже через 2 месяца после внесения сорбента в отход применение данного сорбента позволит снизить концентрацию загрязнения минеральными маслами до:

- в опилках древесных – 3-4 %,
- в обтирочном материале – 2-3 %,

Таким образом, снижение концентрации загрязняющих веществ в отходах производства позволит снизить им классы опасности, является экономически выгодным для предприятия и тем самым позволит снизить антропогенную нагрузку на окружающую природную среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52105-2003 *Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения.*
2. Ефремова С.Ю., Шарков Т.А., Лукъянец О.В. Аспекты создания эффективной системы управления антропогенным воздействием на окружающую среду на предприятии // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. – Пенза. – 2011. – № 25. – С. 572 – 575.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30772–2001 *Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения (введен в действие постановлением Госстандарта РФ от 28 декабря 2001 г. № 607).*
4. Приказ МПР РФ от 15.06.2001 г. *Об утверждении Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды.*
5. Санитарные правила по ограничению вредного действия отходов производства и содержащих отходы производства материалов на окружающую среду и здоровье населения. – Самара, 1996.
6. Безопасное обращение с отходами : Сборник нормативно-методических документов. – СПб., 2004.
7. Экология и экономика природопользования / Под ред. Э.В. Гиусова, В.И. Лопатина. – М. : Единство, 2003. – 287 с.

УДК 621.35;504

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОКОВ ОТ СОЕДИНЕНИЙ ШЕСТИВАЛЕНТНОГО ХРОМА

- © К.Р. Таранцева, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)
- © А.Д. Николотов, ФГУП ФНПЦ “ПО “Старт им. М.В. ПРОЦЕНКО” (г. Заречный, Пензенской области, Россия)
- © А.А. Сергунов, ФГУП ФНПЦ “ПО “Старт им. М.В. ПРОЦЕНКО” (г. Заречный, Пензенской области, Россия)

**USING A MODIFIED METHOD FOR THE PURIFICATION
GALVANOKOAGULYATSIONNOGO ELECTROPLATING
WASTEWATER BY HEXAVALENT CHROMIUM COMPOUNDS**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО...

© K.R. Tarantseva, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© A.D. Nikolotov, FGUP FNPC "PO "START name M.V. PROTSENKO"
(Zarechny, Penza region, Russia)

© A.A. Sergunov, FGUP FNPC "PO "START name M.V. PROTSENKO"
(Zarechny, Penza region, Russia)

Показана возможность очистки стоков гальванического производства от ионов Cr⁺⁶ модифицированным гальванокоагуляционным методом.

Ключевые слова: модифицированная гальванокоагуляция, шестивалентный хром, сточные воды.

The possibility of galvanic production sewage treatment from ions of Cr +6 galvanokoagulyatsionnym modified method.

Key words: modified galvanokoagulyatsiya, hexavalent chromium, waste water.

E-mail: krtar@bk.ru

Гальванические производства наносят огромный вред окружающей среде [1]. Соединения шестивалентного хрома (хромовая кислота и её соли) применяются при нанесении хромовых покрытий, при химической обработке (травление, пассивирование), при электрохимической обработке (анодирование), при электрополировке стальных изделий.

Широко применяемый реагентный метод очистки сточных вод промышленных предприятий не удовлетворяет по ряду причин, в том числе из-за громоздкости оборудования, значительного расхода реагентов, невозможности возврата в оборотный цикл очищенной воды из-за повышенного содержания, дополнительного загрязнения сточных вод [2 – 5].

Альтернативным методом очистки сточных вод от соединений шестивалентного хрома является гальванокоагуляционный метод. Данный метод основан на использовании эффекта гальванического элемента железо – кокс (в соотношении 4:1) (железная стружка, железные опилки) или железо – медь, помещённого в очищенный раствор. За счёт разности электрохимических потенциалов железо является анодом и переходит в раствор без наложения тока от внешнего источника. Кокс или медь в гальванопаре являются катодом.

Одним из возможных вариантов очистки хромсодержащих сточных вод 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 (железо – медь).

Целью данной исследовательской работы является исследование модифицированного гальванокоагуляционного метода очистки гальванических стоков от ионов Cr⁺⁶.

Методика эксперимента

Для исследования был взят исходный хромсодержащий раствор с содержанием хромового ангидрида 0,2 г/л. Раствор выдерживали в контакте с обезжиренной стальной стружкой (смесь Ст 20, Ст 25, Ст 30), активированной в четырех вариантах:

- раствором серной кислоты;
- стальные стружки, смешанные с медными стружками 4:1, активированные раствором серной кислоты;
- раствором сульфата меди (II) (медным купоросом);
- раствором хлорида олова (II).

Исходный хромсодержащий раствор контактировал со стальной стружкой в течение 30 минут. Суммарное содержание хрома (в зависимости от концентрации) определялось объемным методом, основанным на окислении хрома (III) в (VI) персульфатом аммония в присутствии катализатора – ионов серебра, с дальнейшим титрованием, образовавшегося хромата, солью Мора в присутствии фенилантраниловой кислоты.

Результаты и их обсуждение

Результаты данного эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ пробы	pH	Cr общ., г/л.	Cr ^{VI} , мг/л
1	4,60	0,1	0,094
2	3,88	0,18	0,153
3	4,64	0,094	0,0854
4	2,62	0,39	0,359

Из данных таблицы 1 следует, что общепринятым гальванокоагуляционным методом эффективно очистить данные хромсодержащие сточные воды не удается.

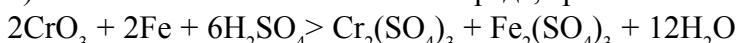
Альтернативным способом очистки хромсодержащих сточных вод является модернизированный гальванокоагуляционный метод очистки (МГКМО) хромсодержащих сточных вод, заключающийся в дозированном добавлении раствора серной кислоты (при этом реагенты-восстановители не вводятся).

Восстановителями шестивалентного хрома в очищаемых растворах могут являться:

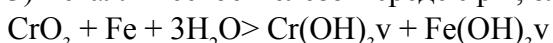
1) выделяющийся атомарный водород на поверхности стальной стружки:



2) металлическое железо в кислой среде, при наличии избытка кислоты:



3) металлическое железо в среде с pH, близкой к нейтральной:



Первые две реакции протекают при наличии достаточного количества свободной серной кислоты в растворе.

Результаты данного эксперимента приведены в таблицах 2, 3.

Таблица 2 – Состав хромсодержащих растворов после МГКМО (исходный раствор содержал пятикратный избыток серной кислоты)

№ пробы	pH	Cr общ., г/л.	Cr ^{VI} , мг/л
1	3,10	0,618	0,29
2	3,14	0,643	0,29
3	3,32	0,583	0,27
4	3,40	0,347	0,22

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО...

Таблица 3 – Состав хромсодержащих растворов после МГКМО (исходный раствор содержал количество серной кислоты, согласно уравнению 2)

№ пробы	pH	Cr общ., г/л.	Cr ³⁺ , мг/л
1	4,24	0,43	0,203
2	4,08	0,49	0,230
3	3,99	0,40	0,220
4	3,59	0,67	0,340

Согласно данным, приведенным в таблицах 2 и 3, очевидно, что при наличии достаточного количества свободной серной кислоты идет восстановление Cr⁺⁶ до Cr⁺³, причем при большом избытке серной кислоты превалирует восстановление хрома по уравнению 1 и в данном варианте оказываются более эффективными стальные стружки, активированные раствором сульфата меди (II) и хлорида олова (II) (см. позиции 3 и 4).

При наличии в растворе серной кислоты, согласно уравнению 2, восстановление хрома протекает за счет атомарного водорода (уравнение 1) и за счет металла стружки (уравнение 2).

Причем наименее эффективной является стружка, активированная солями олова. Связано это с тем, что на олове высокое перенапряжение водорода и восстановление Cr⁺⁶ в данном случае по уравнению 1 затруднительно (см. позицию 4, табл. 3). Вместе с тем следует отметить, что наличие количества серной кислоты, согласно уравнению 2, приводит к образованию в растворе продуктов гидролиза солей железа и хрома с образованием нерастворимых соединений, которые могут быть удалены фильтрованием.

Так как в пробе 1 (чистая стальная стружка) и первая и вторая реакция протекают с достаточной скоростью, происходит больший расход кислоты, что приводит к увеличению pH и, как следствие, более быстрому образованию осадка и уменьшению содержания Cr⁺⁶ и Cr общего в исходном растворе (см. позицию 1, табл. 3).

При наличии в растворе серной кислоты, согласно уравнению 3, восстановление хрома протекает преимущественно по уравнению 3, при этом наблюдается обильное образование объемных железо- и хромсодержащих осадков, причем наиболее эффективной оказалась стальная стружка, активированная сульфатом меди (II), где после 30-минутной выдержки раствор содержит низкие концентрации Cr⁺⁶ и более низкие концентрации Cr⁺³ (см. позицию 3, табл. 4).

Таблица 4 – Состав хромсодержащих растворов после МГКМО (исходный раствор содержал количество серной кислоты, согласно уравнению 3)

№ пробы	pH	Cr общ., г/л.	Cr ³⁺ , мг/л
1	3,0	0,36	68
2	2,88	0,39	100
3	3,78	0,059	0,049
4	2,77	0,51	0,14

Относительно высокие концентрации Cr⁺⁶ в пробах 1 (стальная стружка) и 2 (стальная стружка + медная стружка) говорят о пассивации поверхности стали и ее низкой эффективности, т.к. протекание реакции по уравнению 1 и 2 затруднительно.

Выводы

Таким образом, использование модифицированного МГКМО на стальной стружке, активированной сульфатом меди (II), с дозированным добавлением серной кислоты (согласно уравнению 3) позволяет эффективно очищать хромсодержащие стоки от ионов Cr^{+3} , Cr^{+6} , 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. Таранцева К.Р., Красная Е.Г., Лебедев Е.Л., Коростелева А.В. Анализ техногенного воздействия промышленных предприятий г. Пензы на гидросферу // Экология и промышленность России. – 2010. – № 12. – С. 40 – 45.
2. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах (Дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК № 6229-91): Гигиенические нормативы. – М. : Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России. – 8 с.
3. Гальванические покрытия в промышленности : Справочник : В 2-х томах / Под ред. Шлугера. – М. : Машиностроение, 1985. – 11 с.
4. Котик Ф.И. Ускоренный контроль электролитов, растворов и расплавов : Справочник. – М. : Машиностроение, 1978. – 191 с.
5. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. – М. : Стройиздат, 1973. – 272 с.

УДК 661.214.2+502.3

УТИЛИЗАЦИЯ СЕРЫ КАК ОТХОДА ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

© А.Н. Бормотов, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© Е.А. Колобова, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

**THE UTILIZATION OF SULFUR AS A WASTE PRODUCT
OF PROCESSING OIL WHILE MANUFACTURING
RADIATION PROTECTION COMPOSITE MATERIALS**

УТИЛИЗАЦИЯ СЕРЫ КАК ОТХОДА ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ...

© A.N. Bormotov, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© E.A. Kolobova, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

В статье оцениваются возможность и перспективы утилизации серы как отхода переработки российской нефти при изготовлении радиационно-стойких защитных композитов.

Ключевые слова: сера, переработка нефти, композиционные материалы, защита от радиации, защита от коррозии.

The article deals with the possibility and prospects for the utilization of sulfur as a waste product of processing Russian oil while manufacturing radiation-resistant protective ~~the~~ composites.

Key words: sulfur, oil processing, composite materials, radiation protection, corrosion protection.

Совершенствование традиционных и внедрение новых технологий, базирующихся на использовании более интенсивных физических воздействий и применении химически активных сред, требует привлечения новых эффективных и долговечных композиционных материалов, обеспечивающих экологическую безопасность и экономическую эффективность различных производств. В частности, значительные проблемы возникают с захоронением радиоактивных отходов, учет затрат на утилизацию которых снижает рентабельность атомной отрасли.

В настоящее время на 105 предприятиях атомной промышленности России в пунктах хранения находится более 500 млн. м³ жидких радиоактивных отходов (ЖРО) суммарной активности $7,3 \times 10^{19}$ Бк. По оценкам предприятий 465 млн. м³ ЖРО (90,3 %) сосредоточены в 97 пунктах приповерхностного хранения, не изолированных от окружающей среды [1].

Твердые радиоактивные отходы (ТРО), накопленные в 274 пунктах хранения, представлены, в основном, отходами горнодобывающих производств, забалансовыми рудами, спецодеждой, крупногабаритным и лабораторным оборудованием, тарой, малогабаритными металлоконструкциями, строительными материалами, загрязненным грунтом. Общее количество ТРО составляет 177 млн. т (из них в отвалах – 156 млн. т), причем низко активных отходов – 99,5 % [1].

Переработка отходов осуществляется медленно (за все время работы 30 установок объем переработанных ЖРО равен 148,3 млн. м³, ТРО – 45,3 тыс. т). Это неизбежно вызывает загрязнение территорий (общая площадь отчужденных земель и водоемов равна 481,4 км²) [1]. Из-за сложности проблемы ее решение ограничивается научно-техническими исследованиями, полевыми экспериментами и временными захоронениями (промышленное захоронение ТРО осуществляется только в Германии и Франции).

В связи с этим приобрело чрезвычайную актуальность решение задач по обеспечению экологической безопасности сооружений подземного захоронения и консервации радиоактивных отходов; локализации радиоактивного загрязнения при радиационных авариях; связыванию потенциально опасных отходов и футеровке ограждающих конструкций. Решение этих задач требует создания эффективных композиционных материалов специального назначения с заданными свойствами.

Наиболее подходящим вяжущим для подобных материалов является сера – крупнотоннажный отход переработки нефти. Содержание серы в российской нефти марки Urals более 3 %, а общий объем добычи, например, только Татарстана превышает 30,7 млн. тонн нефти, и половина её является высокосернистой. На сегодняшний момент производство в мире серы превышает потребление на 10 %, поэтому существует необходимость обеспечить дополнительную реализацию и применение серосодержащих соединений в связи с переработкой высокосернистой нефти.

В настоящее время полноценный опыт ~~использования~~ серных композиционных материалов при строительстве объектов атомной промышленности отсутствует. Существует несколько научно-исследовательских работ, указывающих на перспективность ~~использования~~ серы для изготовления материалов, эксплуатирующихся в условиях воздействия радиации. Например, в работе [2] представлены результаты исследований эксплуатационных свойств и технология изготовления ~~серных~~ материалов, предназначенных для капсулирования радиоактивных и высокотоксичных отходов. В предлагаемом способе указанные отходы ~~используются~~ в качестве наполнителей и заполнителей. В этой работе в качестве наполнителя была использована зола ротационной печи, содержащая радиоактивные и токсичные вещества. Для повышения прочности и предотвращения выщелачивания отходов в состав материала ~~в качестве~~ модифицирующей добавки вводится сульфид натрия. Полученный композиционный материал характеризуется относительно высокими эксплуатационными свойствами (табл. 1, 2).

Как видно из указанных таблиц, модифицированное серное вяжущее обеспечивает надежную герметизацию отходов (аналогичные результаты получены по выщелачиванию радиоактивных отходов) и позволяет получить изделия, имеющие достаточно высокие показатели механических свойств.

Таблица 1 – Прочность серного материала, предназначенного для капсулирования радиоактивных и токсичных отходов

Состав	Содержание золы, %	Прочность при сжатии, МПа
Модифицированный серный цемент (МСЦ)	-	17,7±3,7
МСЦ + зола ротационной печи	20	29,8±2,1
	43	30,5±1,8
МСЦ + мелкодисперсная зола	40	29,7±4,5
	55	28,4±2,3

Таблица 2 – Результаты теста на токсичность EPA

Состав	Содержание токсичных элементов	
	кадмий (Cd)	свинец (Pb)
Зола	85,0	46,0
45 % МСЦ + 55 % золы	1,5	2,4
53 % МСЦ + 40 % золы + 7 % Na ₂ S	0,1	1,0

Примечание. Допустимый уровень по тесту EPA для Cd – 1,0, для Pb – 5,0.

УТИЛИЗАЦИЯ СЕРЫ КАК ОТХОДА ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ...

Кроме того, разработанные материалы имеют высокую био-, термо- и радиационную стойкость (табл. 3, 4).

Анализируя результаты экспериментальных данных, авторы указанной работы делают вывод о сложности выявления влияния радиации на прочность разработанного материала.

Таблица 3 – Результаты испытаний на термическую стойкость

Состав	Содержание золы, %	Прочность при сжатии, МПа	
		до	после*
МСЦ + зола ротационной печи	20	29,8±2,1	29,9±19,8
	43	30,5±1,8	30,5±6,4

*Примечание: * - приведена прочность при сжатии после 30 циклов попеременного нагревания до +60 °C и охлаждения до -40 °C.*

Таблица 4 – Результаты испытаний на радиационную стойкость (поглощенная доза 1МГр)

Состав	Прочность при сжатии, МПа	
	до испытания	после испытания
МСЦ	17,0±3,7	13,4±6,5
Разработанный материал	20,4±7,2	21,7±6,9

Предложены также составы серных бетонов для защиты от радиационного воздействия естественных радионуклидов [3]. Для изготовления таких бетонов предложено использовать ультраосновные горные породы с содержанием радионуклидов не более 10^{-6} нуклон/кг.

Серные строительные материалы (ССМ) относятся к специальным видам композиционных материалов, при изготовлении которых в качестве вяжущего применяются сера или серосодержащие отходы. Такие материалы получают обычно путем смешения расплавленной серы с наполнителем, заполнителями и специальными добавками. В качестве наполнителей и заполнителей могут применяться все известные материалы, используемые при изготовлении цементных растворов и бетонов [4, 5].

К положительным свойствам ССМ, прежде всего, относятся: технологичность бетонных и растворных смесей; быстрый набор прочности, связанный только с периодом охлаждения и кристаллизации серы; относительно высокая прочность; стойкость к действию агрессивных сред, особенно к действию солевой и кислотной агрессии; низкое водопоглощение и, следовательно, высокая морозо- и водостойкость.

Высокое качество изделий, простота технологии получения, а также низкая стоимость расходуемых материалов позволяют серным материалам быть конкурентоспособными по отношению к строительным материалам на традиционных вяжущих веществах.

Наиболее перспективны серные строительные материалы для изготовления конструкций, в период эксплуатации которых предъявляются повышенные требования по стойкости к агрессивным средам, морозо- и атмосферос-

стойкости, непроницаемости. К таким конструкциям относятся: элементы дорожных покрытий (тротуарные плитки, торцевые шашки, бортовые камни, дорожные ограждения); конструкции, подверженные солевой агрессии (полы, сливные лотки, фундаменты); инженерные сооружения (коллекторные кольца, канализационные трубы, очистные сооружения); футеровочные блоки.

В Канаде фирмами “Sulphur Innovation Ltd” (SIL), “H.P. Sulfur concrete” и другими наложен выпуск в промышленных масштабах серного бетона для сборных и монолитных конструкций [6]. Некоторыми другими фирмами серные строительные материалы успешно применяются в странах Ближнего Востока, Мексике, США, Венесуэле и других [7].

Однако серные строительные материалы имеют ряд недостатков: низкую термо- и огнестойкость, повышенную хрупкость, низкую стойкость в щелочных средах. Эти и некоторые другие недостатки можно частично устранить путем подбора оптимальных составов ССМ, рациональной технологией изготовления, использованием пластификаторов и стабилизаторов.

Несмотря на недостатки, интерес к серным материалам у нас в стране и за рубежом не уменьшается. Это связано не только с увеличением добычи природной серы, но и с повышением объемов ее получения как побочного продукта при очистке нефти, природного газа, топочных газов и других.

Свойства серного материала во многом зависят от его состава. Каждый компонент, входящий в состав ССМ, оказывает значительное влияние как на реологические свойства бетонной смеси, так и на физико-механические и эксплуатационные свойства затвердевшего материала. Поэтому влияние каждого компонента должно быть учтено не только на стадии приготовления, но и на стадии проектирования материала.

Долговечность радиационно-защитного материала зависит от радиационной стойкости связующего. Чем выше радиационная стойкость вяжущего вещества, тем долговечней материал, изготовленный на его основе. Радиационная стойкость любого вещества, в том числе и связующего, определяется поглощенной дозой радиоактивного излучения. При облучении структура связующего претерпевает значительные изменения, которые в начальный период эксплуатации приводят, как правило, к незначительному повышению физико-механических свойств материала, а затем после достаточно продолжительного времени облучения - к значительному ухудшению свойств материала. Цементный камень и отверженная эпоксидная смола характеризуются высокими показателями радиационной стойкости [8 – 10]. Сера, благодаря своему молекулярному строению, также обладает высокой радиационной стойкостью. Это можно объяснить следующим образом [11]. При комнатной температуре кристаллическая сера состоит, в основном, из восьмичленных циклических молекул S_8 . Под действием ионизирующего излучения молекулы S_8 разрываются и образуют полимерную серу, которая характеризуется значительно большей прочностью при растяжении, деформативностью и адгезией к заполнителям. Увеличение содержания полимерной модификации серы до определенной концентрации значительно повышает (в 2-3 раза) прочность материала на растяжение при изгибе. Однако,

являясь неустойчивой аллотропной модификацией, полимерная сера reverсирует в кристаллические модификации с выделением некоторого количества тепла. Таким образом, сера действует как своеобразная “энергетическая губка”. Она поглощает энергию излучения и рассеивает ее в виде тепла, не претерпевая при этом значительных изменений.

Изучение поведения серы в условиях воздействия ионизирующего излучения было проведено под руководством Ю.И. Орловского [12, 13]. Исследованиями установлено, что облучение активизирует процесс образования полимерной модификации и способствует ее стабилизации вследствие образования дополнительных поперечных связей. Оптимальная поглощенная доза радиации независимо от вида источника составляет 0,07 МэВ. При этом наблюдается максимальный выход полимерной серы – 42-56,3 %. Анализ полученных экспериментальных данных позволяет авторам работы [13] сделать вывод о целесообразности облучения серы с целью получения новых строительных материалов, характеризующихся повышенными физико-механическими свойствами.

Кроме технической серы, для производства серных строительных материалов используют различные серосодержащие отходы (ССО) [14]. Использование серосодержащих отходов позволяет значительно снизить себестоимость изготавливаемых изделий и конструкций из серного бетона, а также способствует решению одной из важнейших задач современности – **защиты окружающей среды от загрязнения промышленными отходами**.

В больших количествах (1000-3000 т/год) ССО имеются практически на всех предприятиях по добыче природной и попутной серы, а также в отраслях, использующих серу в качестве исходного сырья для производства минеральных удобрений, кислот и т.д.

Отходы, содержащие 40-90 % серы, можно использовать как вяжущее вещество для изготовления серных растворов и бетонов [14]: зола-отстой, хвосты-плавок, сера, получаемая при подземной выплавке или другим способом, содержащая примеси, количество которых превышает предельно допустимые значения, регламентируемые ГОСТ.

Отходы, содержащие 5-10 % серы (хвосты флотации), можно также использовать для изготовления серных бетонов и растворов после дополнительного обогащения серой или отходами с более высоким ее содержанием.

Исследования, проведенные Ю.И. Орловским, А.Н. Волгушевым и другими, показали, что свойства серных материалов, изготовленных на основе ССО, и технология их приготовления практически не отличаются от технологии и свойств серных материалов на основе технической серы [15].

Проведенные исследования свидетельствуют, что сера, с одной стороны, является крупнотоннажным и вредным для экологии отходом переработки российской нефти, а с другой стороны – перспективным и эффективным вяжущим для производства целого ряда агрессивно стойких защитных композиционных материалов, позволяющих повысить экологическую безопасность и экономическую эффективность различных производств народного хозяйства РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сведения по объемам и характеристикам радиоактивных отходов заимствованы из книги Кузнецова В.М. Ядерная опасность. – М. : ЭПИцентр, 2003. – 462 с.
2. Патент № 5678234. Process for the encapsulation and stabilization of radioactive, hazardous and mixed wastes. / Colombo (ША). – Опубл. 14.10.1997.
3. Патент № 2153714. Композиция для защиты от естественного радиационного фона / Волгушев А.Н., Никитин А.Е., Абдурашилов Д.Н., Янц В.Э., Смольников А.А., Клименко А.А., Васильев С.И., Осстеров С.Б. (Россия). – Опубл. 28.12.1998.
4. Волгушев А.Н., Шестеркина Н.Ф. Производство и применение серных бетонов. – М. : ЦНИИТЭИМС, 1991. – 51 с.
5. Патуров В.В., Волгушев А.Н., Орловский Ю.И. Серные бетоны и бетоны, пропитанные серой. – М. : ВНИИИС, 1985. – 60 с.
6. Sulphur concretes go commercial // Sulphur Inst. J., 1976. – № 12.
7. New uses of sulphur - current progress and problems. "Sulphur", 1980. – № 147.
8. Худяков В.А. Разработка и исследование свойств модифицированных эпоксидных композитов для защиты от ионизирующих излучений : Дисс. ...канд. техн. наук. – Пенза : ПГАСИ, 1994. – 141 с.
9. Бормотов А.Н. Пластифицированные эпоксидные композиты повышенной плотности : – Дисс. ...канд. техн. наук. – Пенза : ПГАСА, 1998. – 195 с.
10. Рояк С.М., Рояк Г.С. Специальные цементы. – М. : Стройиздат, 1993. – 392 с.
11. Энциклопедия полимеров / Под ред. В.А. Каргина. – Т. I. – М. : Советская энциклопедия, 1972. – С. 193.
12. Жук Н.Н. Специальные свойства бетонов модифицированной серой. – Автореф. ...канд. техн. наук. – Одесса, 2002. – 18 с.
13. Орловский Ю.И., Жук Н.Н. Радиационно-химическое модифицирование серы и стабилизация ее надмолекулярной структуры // Актуальные проблемы современного строительства : Материалы Всероссийской XXXI научно-технической конференции. – Пенза : ПГАСА, 2001. – С. 59 – 61.
14. Орловский Ю.И. Бетоны и изделия на основе серосодержащих отходов // Бетон и железобетон. – 1990. – № 1. – С. 24 – 26.
15. Волгушев А.Н., Шестеркина Н.Ф. Производство и применение серных бетонов. – М. : ЦНИИТЭИМС, 1991. – 51 с.

УДК 632.122.2

СНИЖЕНИЕ НЕФТИНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ ПОЛОСЫ ОТВОДА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

© И.Ю. Крошечкина, Московский государственный университет
путей сообщения (г. Москва, Россия)

© Н.И. Зубрев, Московский государственный университет
путей сообщения (г. Москва, Россия)

© Э.В. Чеботарева, Московский государственный университет
путей сообщения (г. Москва, Россия)

DECREASING OIL POLLUTION IN THE SOIL LAYER OF THE STRIP OF BRANCH OF RAILWAY TRANSPORT

© I.Y. Kroshechkina, Moscow State University of Means
of Communication (Moscow, Russia)

© N.I. Zubrev, Candidate of Technical Sciences, Professor
of Moscow State University of Means of Communication (Moscow, Russia)

© E.V. Chebotareva, Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Moscow State University of Means of Communication (Moscow, Russia)

Проведен анализ загрязнения нефтепродуктами полосы отвода железнодорожных магистралей. Предложили математические модели для прогностического расчета оптимальных концентраций сорбентов и их комбинаций для рекультивации почвы. Для правильного и эффективного подбора сорбентов для очистки территорий от загрязнения нефтепродуктами приведены математические модели, применение которых позволяет получить прогноз эффективности того или иного метода очистки грунта и рассчитать оптимальные концентрации сорбентов.

Ключевые слова: нефтепродукты, рекультивация почв, природные сорбенты, биопрепараты.

The analysis of pollution by oil products of a strip of branch of railway main lines is carried out. Mathematical models for prognostic calculation of optimum concentration of sorbents and their combinations for a soil re-cultivation were offered. The given mathematical models are applied to receive a forecast of efficiency of this or that method of purification of soil and to calculate optimum sorbents' concentration for the correct and effective sorbents' selection for cleaning of territories of pollution by oil products.

Key words: oil products, soil re-cultivation, natural sorbents, biological products.

Стратегией развития железнодорожного транспорта определены стратегические цели и задачи ОАО “РЖД” развития до 2030 г. Нахождение эффективного баланса между социальной, экологической и экономической результирующей в деятельности предприятий ОАО “РЖД” является задачей компаний в обеспечении своего устойчивого развития как неотъемлемой части реализации стратегии развития железнодорожного транспорта [1].

Предприятия железнодорожного транспорта, занимающие территории в среднем от 2 до 50 га, отличаются не только размерами, но и процентом загрязненности. Загрязненные участки могут составлять от 3 до 25 % общей площади предприятия. Большинство транспортных территорий в той или иной мере загрязнены нефтепродуктами. Ежегодно десятки тонн нефти загрязняют также полезные земли, граничащие с санитарно-защитными зонами предприятий железнодорожного транспорта, снижая их плодородие. Экологические последствия загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами зависят от параметров загрязнения, свойств почвы и характеристик внешней среды.

Нефть состоит из многих фракций, существенно различающихся между собой по физико-химическим свойствам, поэтому их поведение в почве различно. Фракции нефти имеют разную токсичность. Поэтому загрязне-

ние тяжелыми фракциями наносит косвенный вред – ухудшает или вообще делает невозможным аэрацию почвы, понижает содержание в почве кислорода, что приводит к снижению количества или вообще вымиранию аэробной части микрофлоры и, наоборот, увеличению числа анаэробов. Наиболее опасно загрязнение именно самой нефтью: при этом легкие фракции проникают вглубь, а тяжелые создают корку на поверхности, не давая первым испариться. В результате все живое в почве просто гибнет, почва теряет свои хозяйствственные свойства, становится мертвой.

Естественное самоочищение почв от нефтяного загрязнения – процесс достаточно длительный, продолжающийся от одного до нескольких десятилетий в зависимости от природных условий региона. Самоочищение осуществляется путем сложных процессов в биогеоценозах, содержащих ассоциации микроорганизмов, простейших и червей [6].

Методы ремедиации разделяют на небиологические (механические, физико-химические, химические), биологические и комбинированные. По месту обработки почвы принято различать методы *on site* (изъятие почвенного слоя и его обезвреживание рядом с местом загрязнения), *ex situ* (off site) (изъятие и транспортировка для обезвреживания на полигоны либо специальные площадки), *in site* (обезвреживание непосредственно по месту загрязнения, без изъятия почвы). В настоящее время существует мнение, что методы *in site*, как правило, проще для реализации, более оптимальные условия для удаления загрязнений могут быть обеспечены при использовании метода *ex situ* [2].

Применяемые в настоящее время способы ликвидации нефтяных загрязнений в основном относятся к механическим и физико-химическим, которые не позволяют восстановить биоценоз без нарушения естественных ландшафтов и дополнительного вреда экосистемам. Поэтому стоит задача по разработке биологических методов рекультивации почв, которые максимально приближены к естественным процессам и являются наиболее перспективными.

Такие методы преимущественно основаны на использовании микробиологических препаратов, которые представляют из себя живые клетки отселектированных по полезным свойствам микроорганизмов, находящиеся или в культуральной жидкости, или в адсорбированном виде на нейтральном носителе. Таким образом, препарат позволяет создать огромную концентрацию полезных форм микроорганизмов (в грамме препарата содержится до 1-5 млрд. клеток бактерий) в нужном месте и в нужное время [3].

В задачи исследования входили анализ степени загрязнения полосы отвода нефтепродуктами и определение возможности применения комплексного метода рекультивации почв путем внесения в нефтезагрязненную почву сорбентов и биопрепаратов в различных сочетаниях на примере участка “12 км” Горьковской железной дороги с остановочной платформой “Адмиралтейская слобода”.

Опытный участок находится в пределах города Казань, имеет крупную остановочную платформу. Для организации движения на данном участке используются два вида тяги поездов – электротяга и теплотяга с достаточно высокой (около 66 пар в сутки) интенсивностью транспортного потока по двум главным путям (четный и нечетный) с примерно равной

СНИЖЕНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ...

нагрузкой. Полоса отвода протяженностью 25-35 м с одной стороны находится в водоохранной зоне р. Волги, с другой граничит с автомагистралью.

Для анализа динамики распределения нефтепродуктов вдоль железнодорожного полотна и при удалении от подошвы рельса проводили отбор проб почвы методом конверта по 14 точкам в верхнем слое (0-5 см) и на глубине 5-20 см по ГОСТ 17.4.3.01.-83 "Почвы. Общие требования к отбору проб" и ГОСТ 28168-89 "Почвы. Отбор проб". На опытном участке было выделено 8 делянок длиной 25 м. Ширина делянок соответствует ширине полосы отвода на данном участке.

Зависимость концентрации нефтепродуктов в почве от удаления от железнодорожного полотна изучалась на делянке 1. Отбор проб проводился по методу конверта по 14 точкам с шагом 2 м.

При анализе загрязнения почвы нефтепродуктами вдоль железнодорожного полотна установлено, что концентрация нефтепродуктов в верхнем слое выше, чем в нижнем и находилась в пределах от 403 до 380 мг/кг (рис. 1).

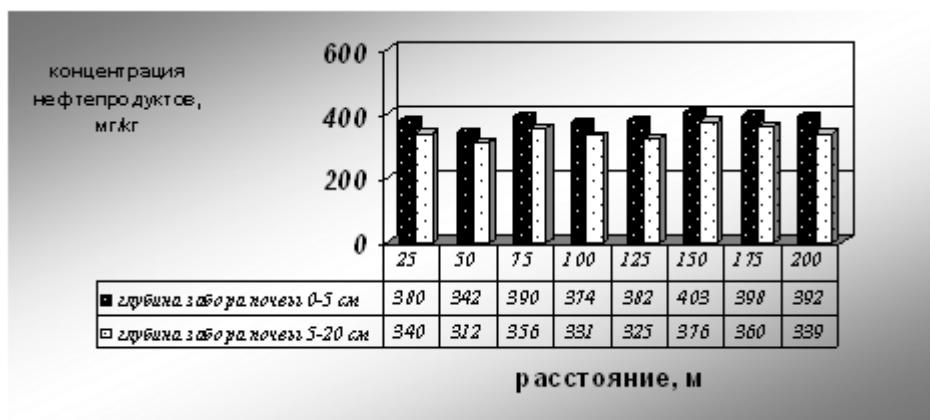


Рисунок 1 – Концентрация нефтепродуктов в полосе отвода
(12 км Адмиралтейская слобода)

Исследование почвы при удалении от подошвы рельса показало, что под склоном на расстоянии 5 м от железнодорожного полотна максимальное значение концентрации нефтепродуктов 650 мг/кг (рис. 2).

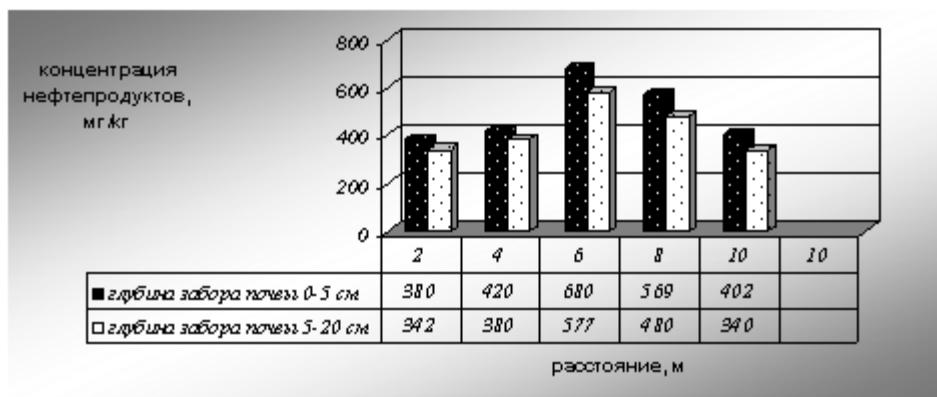


Рисунок 2 – Концентрация нефтепродуктов в полосе отвода
при удалении от железнодорожного полотна

Можно предположить, что увеличение концентрации нефтепродуктов во втором случае является следствием осеннего стока талых вод со склона насыпи в низинные участки.

Кроме того, при исследовании почвы опытной территории было отмечено наличие темно-бурых (до черных) маслянистых пятен на поверхности почвы со специфическим запахом ГСМ; образцы почв характеризовались высоким уровнем зольности (63,5 % у подошвы рельса и 76,5 % под склоном насыпи в полосе отвода).

В Российской Федерации и странах ближнего зарубежья (за исключением Татарстана) предельно допустимые концентрации (ПДК) нефтепродуктов в почве не разработаны. Для Татарстана ПДК нефтепродуктов в почве составляет 1,5 г/кг, что соответствует транслокационному (фито-аккумуляционному) показателю вредности [4]. Определенные концентрации нефтепродуктов в почвенном слое опытного участка находятся в пределах ПДК. Несмотря на это, даже такие концентрации нефтепродуктов оказывают негативное воздействие на почвенный и растительный покров. В зарубежных странах принято считать верхним безопасным уровнем содержания нефтепродуктов в почве 1-3 г/кг; начало серьезного экологического ущерба – при содержании 20 г/кг и выше.

В целях качественного проведения рекультивации нефтезагрязненных земель приказом Минэкологии и природных ресурсов РТ утвержден норматив допустимого остаточного количества нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ (норматив допустимого остаточного содержания нефтепродуктов ДОСНП) на уровне 2,9 мг/кг почвы (для выщелоченных черноземов) [5].

Для снижения содержания нефтепродуктов в почве полосы отвода вносили природные и модифицированные полимером (крахмалом) сорбенты шунгит (Зажогинское месторождение) и бентонит (Биклянское месторождение Республика Татарстан), бактериальный препарат флавобактерин, а также их сочетания. Продолжительность обработки почвы реагентами 36 дней. Концентрация сорбентов 58,33 г/кг, биопрепаратов 29,16 г/кг.

При использовании комплексных добавок для обезвреживания почвенного покрова полосы отвода железнодорожного полотна было установлено положительное воздействие на почву (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1 – Концентрация нефтепродуктов в почве полосы отвода до и после внесения реагентов

№ пробы	Вид реагента	Концентрация нефтепродуктов в почве, мг/кг
1	Исходная почва	$680,0 \pm 11,2$
2	Флавобактерин	$325,0 \pm 10,3$
3	Бентонит (НМ)-флавобактерин	$397,5 \pm 12,6$
4	Бентонит (НМ)	$277,5 \pm 9,5$
5	Бентонит (М)-флавобактерин	$320,0 \pm 10,0$
6	Бентонит (М)	$367,5 \pm 11,7$
7	Шунгит (НМ)-флавобактерин	$450,0 \pm 10,4$
8	Шунгит (НМ)	$437,5 \pm 9,4$
9	Шунгит (М)-флавобактерин	$317,5 \pm 9,9$
10	Шунгит (М)	$365,0 \pm 11,8$

СНИЖЕНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ...

После обработки почвы реагентами концентрация нефтепродуктов находилась в пределах 277,5 – 450 мг/кг.



Рисунок 3 – Зависимость концентрации нефтепродуктов в почве полосы отвода железнодорожного транспорта от вида реагентов и их сочетаний

После внесения природного бентонита содержание нефтепродуктов в почве уменьшилось в 2,5 раза, а после добавления комбинации модифицированный бентонит и флавобактерин – в 2,2 раза. Однако использование последнего более предпочтительно, так как присутствие бактериального препарата флавобактерин приводит к подавлению патогенных бактерий в почве и способствует восстановлению ее плодородия и биоразнообразия растительного сообщества.

Данные по влиянию добавок сорбентов и флавобактерина при отдельном и комплексном их внесении на снижение концентрации нефтепродуктов в почве при различной экспозиции приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Снижение концентрации нефтепродуктов в почве от экспозиции сорбентов

Экспозиция реагентов, сут.	Сорбенты и их комбинации	Концентрация нефтепродуктов в почве, мг/кг
-	Исходная почва	$680,0 \pm 11,2$
8	Флавобактерин	$332,5 \pm 9,3$
8	Бентонит (модифицированный) -флавобактерин	$365,0 \pm 11,6$
8	Бентонит (модифицированный)	$345,0 \pm 10,2$
16	Флавобактерин	$302,5 \pm 13,9$
16	Бентонит (модифицированный) -флавобактерин	$320,0 \pm 10,0$
16	Бентонит (модифицированный)	$240,0 \pm 16,2$
24	Флавобактерин	$227,5 \pm 15,9$
24	Бентонит (модифицированный) -флавобактерин	$200,0 \pm 14,0$
24	Бентонит (модифицированный)	$190,0 \pm 10,2$
32	Флавобактерин	$207,5 \pm 14,5$
32	Бентонит (модифицированный) -флавобактерин	$225,0 \pm 15,8$
32	Бентонит (модифицированный)	$180,0 \pm 12,6$
40	Флавобактерин	$185,0 \pm 12,9$
40	Бентонит (модифицированный) -флавобактерин	$225,0 \pm 15,8$
40	Бентонит (модифицированный)	$197,5 \pm 13,8$
48	Флавобактерин	$212,5 \pm 14,9$
48	Бентонит (модифицированный) -флавобактерин	$217,5 \pm 15,2$
48	Бентонит (модифицированный)	$195,0 \pm 13,7$

Создание эффективных технологий очистки нефтезагрязненных почв требует наличия подробно разработанных математических моделей.

Построена математическая модель, описывающая динамику изменения концентрации нефтепродуктов в почве под действием рассмотренных выше методов рекультивации.

В первую очередь учитывалось, что часть нефтепродуктов, находящихся в почве, разлагается за счет естественных физико-химических факторов. При этом скорость разложения зависит не только от характера загрязнения, но и от свойств самой среды – типа почвы, температуры и т.д.

Данный процесс описывает линейное дифференциальное уравнение первого порядка [7]

$$C'_1(t) = C_0 - \alpha C_1(t), \quad (1)$$

здесь $C_1(t)$ – концентрация нефтепродуктов в почве в момент времени t (месяцы); α – коэффициент, учитывающий вид загрязнения, а также свойства среды, C_0 – концентрация нефтепродуктов в почве в начальный момент времени.

Внесение в почву флавобактерина усиливает процесс разложения нефтепродуктов, хотя сам препарат не содержит микроорганизмов-нефтедеструкторов. Для учета данного явления предлагается ввести в уравнение (1) коэффициент μ_ψ . Тогда математическая модель, описывающая процесс разложения нефти, будет выглядеть следующим образом:

$$C'_1(t) = C_0 - \alpha \mu_\psi C_1(t), \quad C_1(0) = C_0, \quad (2)$$

где C_0 – концентрация нефтепродуктов в почве в начальный момент времени.

Также построена модель динамики концентрации нефтепродуктов в почве под действием бентонита. Будем считать, что при этом некоторая часть нефтепродуктов разлагается под действием физико-химических факторов, другая же часть поглощается сорбентом. Математическая модель в данном случае примет вид системы дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} C'(t) = C'_1(t) - C'_2(t), \\ C'_1(t) = C_0 - \alpha C_1(t), \\ C'_2(t) = C_0 + \sigma [C(t) - \beta^{-1} C_2(t)], \end{cases} \quad (3)$$

с начальными условиями:

$$C(0) = C_0, \quad C_1(0) = C_0, \quad C_2(0) = 0, \quad (4)$$

где $C(t)$ – концентрация нефтепродуктов в почве в момент времени t , (мес.); $C_1(t)$ – концентрация части нефтепродуктов, разлагаемой за счет физико-химических факторов; $C_2(t)$ – концентрация нефтепродуктов, по-

СНИЖЕНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ...

глощаемых сорбентом; α – коэффициент, учитывающий вид загрязнения, а также свойства среды; σ – кинетический коэффициент; β – коэффициент, учитывающий сорбционные свойства бентонита; C_0 – концентрация нефтепродуктов в почве в начальный момент времени.

В заключение построена математическая модель динамики концентрации нефти в почве при комплексном внесении флавобактерина и бентонита. На настоящий момент механизмы комплексного воздействия двух данных веществ на нефтезагрязненные почвы недостаточно изучены. Анализируя результаты экспериментов, представленных в работе, можно заметить, что при комплексном внесении флавобактерина и бентонита динамика разложения нефтепродуктов незначительно снижается. Можно предположить, что под действием бентонита стимулирующие нефтедеструкцию свойства флавобактерина ослабляются. Кроме того, флавобактерин может влиять на ухудшение сорбционных свойств бентонита в отношении нефтепродуктов. Математическая модель для этого случая имеет вид

$$\begin{cases} C'(t) = C'_1(t) - C'_2(t), \\ C'_1(t) = C_0 - k_1 \alpha \mu_\phi C_1(t), \\ C'_2(t) = C_0 + k_2 \sigma [C(t) - \beta^{-1} C_2(t)], \end{cases} \quad (5)$$

здесь коэффициенты k_1 и k_2 учитывают взаимодействие флавобактерина и бентонита. Начальными условиями для системы (5), как и в предыдущем случае, являются условия (4).

На приводимых ниже графиках (рис. 4 – 6) сплошные линии отображают результаты математического моделирования, точки – данные экспериментов (табл. 2).

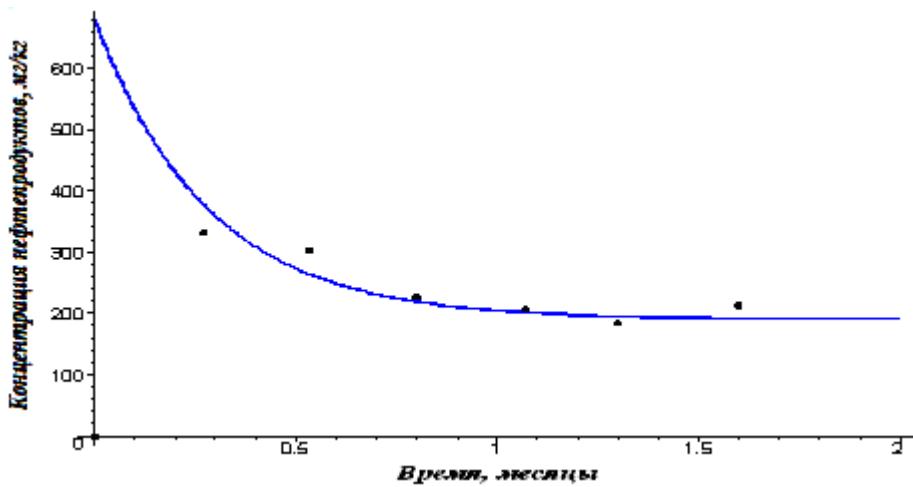


Рисунок 4 – Результаты моделирования разложения нефтепродуктов при внесении в почву флавобактерина

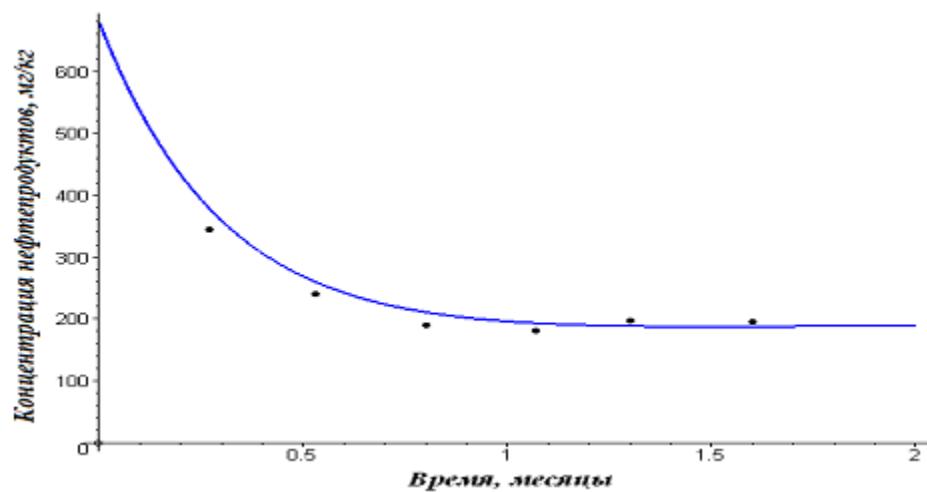


Рисунок 5 – Результаты моделирования разложения нефтепродуктов в почве под действием бентонита

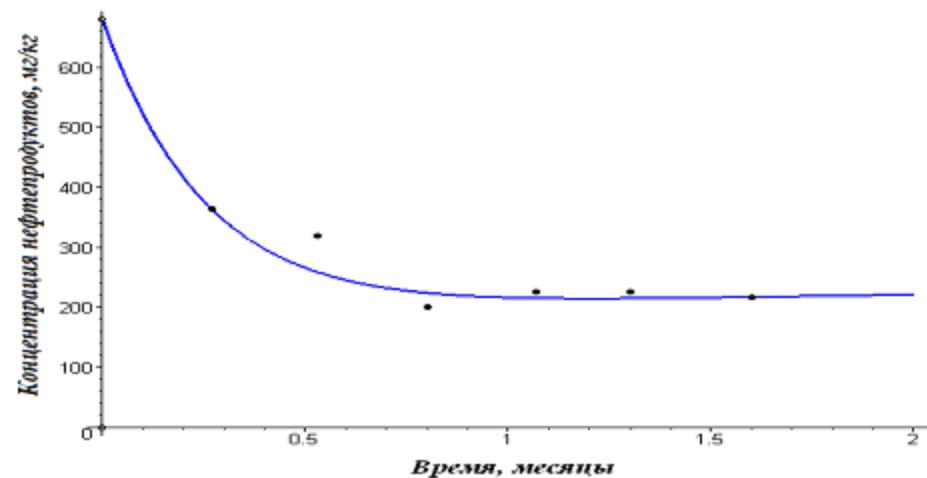


Рисунок 6 – Результаты моделирования разложения нефтепродуктов в почве в случае комплексного внесения бентонита и флавобактерина

Как видно, построенные математические модели хорошо согласуются с экспериментальными данными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корпоративный социальный отчет за 2007 г. // ОАО Российские железные дороги.
2. Прикладная экобиотехнология / Кузнецов А.Е. [и др.]. – М. : БИНОМ; Лаборатория знаний, 2010.
3. Биопрепараты в сельском хозяйстве (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве) / Отв. ред. И.А. Тихонович, Ю.В. Круглов. – М., 2005. – 154 с.

СНИЖЕНИЕ НЕФТИНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ...

4. Постановление Государственного комитета Республики Татарстан санитарно-эпидемиологического надзора от 14.07.1998 г. № 18.
5. Приказ Минэкологии и природных ресурсов РТ от 22.07.2009 № 786, зарегистрированный Минюстом РТ от 10.09.2009 № 600.
6. Захаров А.В., Житин Ю.И. Динамика изменения токсичности нефти и нефтепродуктов в почве // Вестник ВГАУ. – 2008. – Выпуск 3–4 (18–19).
7. Водопьянов В.В. Математическое моделирование численности микроорганизмов и биодеградации нефти в почве // Вестник УГАТУ. – 2006. – Т. 8. – № 1(17).

УДК 574

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

- © **A.B. Терентьев**, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)
- © **A.A. Баклин**, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)
- © **W.M. Голощапов**, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)
- © **K.Y. Мокроусова**, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)
- © **C.W. Чекайкин**, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (г. Пенза, Россия)

INTEGRATING ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ENERGY SOURCES

- © **A.B. Terentev**, Penza State Texnological Academy (Penza, Russia)
- © **A.A. Baklin**, Penza State Texnological Academy (Penza, Russia)
- © **W.M. Goloschapov**, Penza State Texnological Academy (Penza, Russia)
- © **K.Y. Mokrousova**, Penza State Texnological Academy (Penza, Russia)
- © **S.W. Chekaykin**, Penza State University of Architecture and construction (Penza, Russia)

Статья посвящена рассмотрению важного направления в исследованиях возможности применения экологически безопасных источников энергии, к которым относятся энергия солнца, энергия ветра, энергия земли, энергия воды, для преобразования в энергию, пригодную для потребительских нужд.

Ключевые слова: экология, комплексное использование энергии, сушка, солнечный коллектор, тепловой насос, ветродвигательная установка.

The article is devoted to the important area of ??research opportunities in the use of environmentally friendly energy sources, which include solar, wind power, energy, land, energy, water, to convert into energy suitable for human consumption.

Key words: ecology, integrated use of energy, drying, solar collector, heat pump, vetrodvigatel'naya installation.

E-mail: kristis.07@mail.ru; abris_pgta@mail.ru

Ресурсосбережение, энергоэффективность и экологичность приняты приоритетными направлениями модернизации и развития современной России. Наряду с реализацией проектов разумного и экономного расходования традиционных видов энергии во многих регионах нашей страны ведутся интенсивные исследования по использованию широкого спектра возобновляемой или альтернативной энергетики. Применение возобновляемых экологически чистых источников энергии основано на использовании и преобразовании энергии ветра, воды, солнца, тепла земли и магнитных сил в энергию, пригодную для потребительских нужд. Правительством РФ принято решение к 2020 году довести использование возобновляемой энергии до 4,5 % от общего объема потребляемой энергии.

Однако на данный момент широкое внедрение альтернативной энергетики сдерживается по ряду причин.

Энергия ветра. Во-первых, исследователями установлено [1, с. 119], что в качестве единственного источника энергии ветроэнергетические установки могут успешно конкурировать с традиционными источниками электроснабжения только в местах со среднегодовыми скоростями ветра выше 5...6 м/с. Согласно ветровому кадастру России, лишь 40 % ее территории может использоваться для выработки промышленной электроэнергии. Вторая причина связана с особенностями преобразования энергии ветра в электрическую, к которым относятся непостоянство ветра и сильная зависимость мощности вырабатываемой энергии от скорости ветра. В третьих, неизбежны достаточно высокие первоначальные затраты, особенно если речь идет о промышленных и больших объемах энергии.

Энергия солнца. На большей части России эта энергия вполне может быть использована, но и здесь есть свои трудности. Во-первых, из-за сложного учета суточного изменения солнечной радиации; во-вторых, использование солнечных батарей для большинства потенциальных пользователей является непосильной задачей из-за дороговизны. Например, батарея в 200 Вт стоит около 135 000 руб. [1, с. 35]. Несмотря на то что долговечность солнечных батарей и составляет более 30 лет, однако начальная цена держит покупателя на расстоянии. В третьих, менее дорогие солнечные коллекторы, предназначенные для получения горячей воды, не находят широкого применения из-за предубеждения (часто ложного), что такие устройства не могут эффективно использоваться в погодных условиях России.

Энергия земли. Такой тип энергии используется в основном через тепловые насосы, конструкции которых сейчас вполне надежны при круглогодичной эксплуатации. Срок их службы доходит до 25 лет [2, с. 95]. Они обладают высокой энергоэффективностью, так как на 1 кВт затрачиваемой энергии позволяют получить 3 кВт полезной энергии. Несмотря на срок окупаемости, равный 4...5 годам, их внедрение сдерживается также значительными начальными затратами.

Энергия воды. Этот вид энергии используется для выработки промышленной электроэнергии на основе больших и малых гидроэлектростанций. В настоящее время актуальным является направление использования водной энергии малых рек, но здесь возникают сложности, связанные с небольшими скоростями течения воды в этих реках.

Магнитная энергия. Использование магнитной энергии является новым направлением в альтернативной энергетике. Оно является достаточно выгодным экономически, но требует серьезных исследований.

Все перечисленные сложности относятся в основном к объемам энергии, сопоставимым с промышленным производством энергии. В то же время для агропромышленного комплекса, малого и среднего бизнеса сельскохозяйственного направления в циклах выращивания, переработки, сушки, хранения и производства продуктов питания, а также технического сырья для промышленности вполне реально применение автономных замкнутых систем возобновляемой энергии, не требующих больших мощностей [2, с. 15].

Ниже приводится пример комплексного использования энергии ветра, солнца и земли для оригинальной, не имеющей аналогов конструкции зерносушилки.

Проблема сохранения заложенных на хранение зерновых культур является весьма актуальной, так как они обладают повышенной влажностью. Это может привести к процессу гниения с выделением энергии (зерно “горит”). Выпускаемые промышленностью зерносушилки требуют затрат традиционной энергии [3, с. 455; 4, с. 323] и, конечно, не могут сами вырабатывать какую-либо энергию.

Исходя из этого, была сформулирована задача разработки установки для сушки зерна, которая обладала бы независимостью от традиционных источников энергии, отвечала требованиям экологии и одновременно являлась бы источником электрической энергии и горячего водоснабжения.

Решение поставленной задачи было реализовано в автономной установке для сушки зерна на альтернативных источниках энергии [5].

Установка содержит следующие основные узлы и детали: круговой сопловой блок в виде сопрягаемых конических прямоугольных диффузоров – солнечных коллекторов, башню, устройства для загрузки размещения и выгрузки сыпучего материала, ветроэнергетическую установку роторную с вертикальной осью вращения (ВЭУ-РВ), имеющую три яруса горизонтальных и два или более вертикальных лопастей аэродинамической формы, обгонную муфту, электрогенератор, дополнительный галечный аккумулятор тепла, отделенный от грунта теплоизоляционным слоем и листом фольги с гидроизоляционным слоем, откидывающиеся крышки диффузоров, круговые теплоэлектронагреватели (рис. 1).

В режиме сушки установка работает следующим образом.

Влажный материал через загрузочный бункер 19 подается в коническую башню 2, где размещается на трансформируемой решетке 4. Решетка имеет отверстия для прохождения воздушного потока.

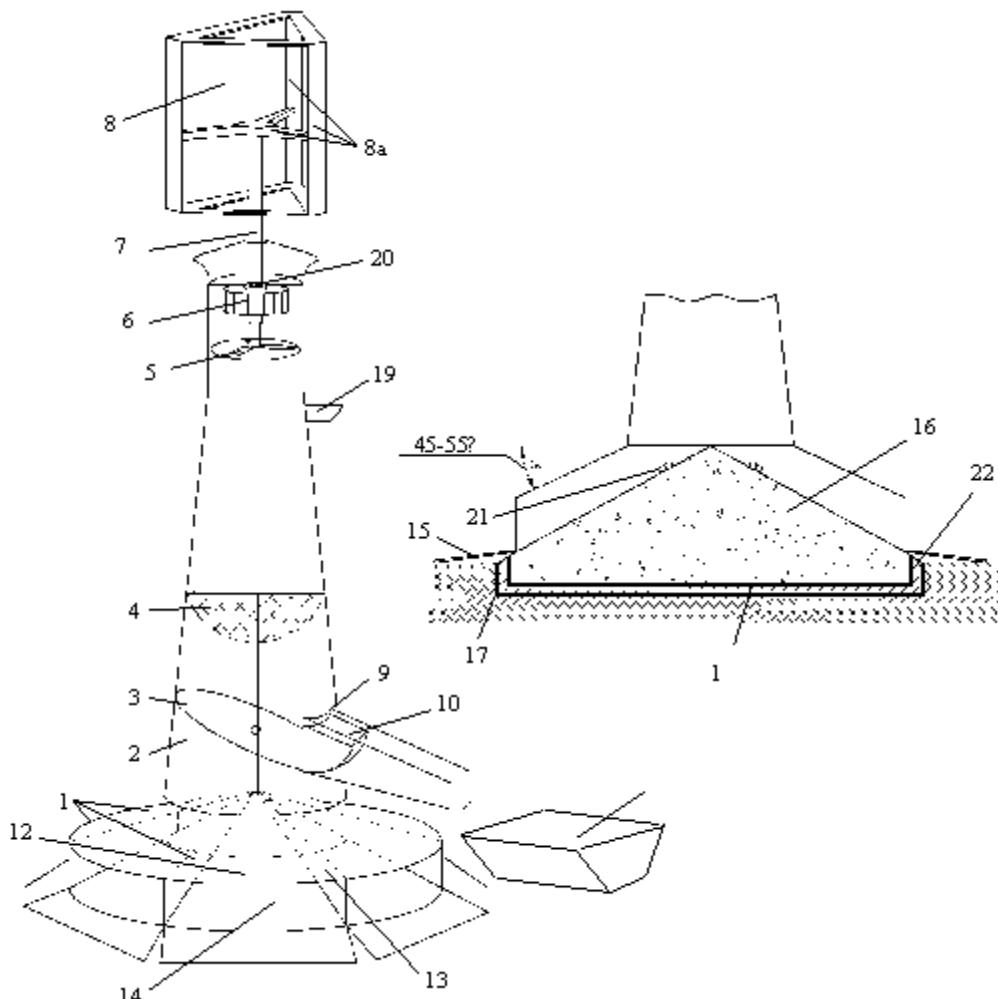


Рисунок 1 – Установка для сушки зерна

Воздушный восходящий поток формируется, во-первых, за счет естественной тяги, создаваемой перепадом температур на входе и выходе установки; во-вторых, за счет разгона воздушного потока сопловым блоком 1. Круговой сопловой блок выполнен в виде комплекта из 6-16 и более сопрягаемых диффузоров, на входе имеющих прямоугольное сечение, а в месте перехода в коническую башню – треугольное сечение для обеспечения неразрывности потока. Диффузоры кругового соплового блока 1 с откидывающимися крышками диффузоров 15 одновременно являются солнечными коллекторами и служат для нагрева воздушного потока. Верхние сегменты 12 диффузоров выполнены прозрачными для пропускания солнечного света. Боковые 13 и нижние 14 сегменты, откидывающиеся крышки 15 диффузоров, а также поверхность конической башни окрашены черной высокоселективной краской.

Верхний 12 и нижний 14 сегменты расположены под углом 45...55 °С, что является оптимальным для солнечного освещения в средней полосе России.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ...

Откидывающиеся крышки диффузоров 15 в закрытом состоянии препятствуют проходу в сушилку холодного воздуха в ночное время, сохраняя тем самым тепло галечного аккумулятора.

Конструкция башни 2 позволяет дополнительно разогнать воздушный поток, так как тоже имеет форму диффузора. Процесс сушки в “кипящем” слое начинает идти при достижении скорости воздушного потока, равной скорости витания для данного материала. Во время сушки трансформируемая решетка 3 находится в вертикальном положении.

По окончании сушки решетка 4 складывается и материалсыпается на решетку 3, к концу сушки принимающую наклонное положение по углом 45°. Материал перемещается в псевдоожиженном состоянии по решетке 3 к люку 9 и через лоток 10 выгружается в приемный бункер 11. Созданию псевдоожиженного слоя материала и, соответственно, интенсификации процесса его выгрузки способствует восходящий поток нагретого воздуха.

Помимо процесса сушки установка предназначена для выработки электроэнергии за счет использования энергии движущегося потока воздуха и энергии ветра. Для этих целей в верхней части установки размещена турбина 5, получающая вращение от движущегося в башне установки потока воздуха, а также ВЭУ-РВ 8 с вертикальной осью вращения, которая преобразует энергию ветра в электричество. Турбина 5 и ВЭУ-РВ 8 размещены на соосных валах, между ними находится электрогенератор 6 и обгонная муфта 20.

При работе ВЭУ-РВ вращается турбина, создающая дополнительную тягу в башне, интенсифицируя процесс сушки и одновременно генератором вырабатывая электрический ток. При отсутствии ветра генератор переводится в режим двигателя, работая на запасенной энергии в аккумуляторах (не показаны), тем самым продолжается вытяжка подогретого воздуха из башни. Ветролопасти 8а ВЭУ-РВ 8 в это время не вращаются за счет срабатывания обгонной муфты.

ВЭУ-РВ 8 имеет две или более вертикальные лопасти и три яруса горизонтальных лопастей аэродинамического профиля, создающих при вращении дополнительный крутящий момент и подъемную силу. Подъемная сила снижает нагрузку на подшипник генератора, увеличивая надежность и к.п.д. использования ветра до 0,42.

Вырабатываемая электроэнергия может быть использована для обеспечения работы различных электроприборов, освещения и др., а также для накопления электроэнергии в аккумуляторах. Накопленная электроэнергия используется в пасмурную холодную погоду для нагрева тэнов 21, подогревающих в свою очередь воздух на выходе из кругового соплового блока, когда работа солнечных коллекторов малоэффективна.

Под круговым сопловым блоком 1, имеющим вид диффузоров, имеется дополнительный галечный аккумулятор тепла 16. Он представляет собой слой гальки, изолированный от земли теплоизоляционным материалом 22 и листом фольги 18, отражающим тепловые лучи внутрь галечного аккумулятора. Гидроизоляционный слой 17 фольги 18, обращенный к грунту, препятствует проникновению влаги в галечный аккумулятор 16 . Галечный аккумулятор в дневное время позволяет накапливать значительное ко-

личество тепла для подогрева воздуха в ночное время при температуре воздуха менее 10 °C.

Созданию псевдоожженного слоя зерна и интенсификации процесса его выгрузки способствует восходящий поток воздуха. Скорость восходящего потока воздуха в башне-конфузоре V_0 ориентировочно можно определить по следующей зависимости [6, с. 34]:

$$V_0 = c \sqrt{2gH \frac{T_i - T_0}{T_i}},$$

где c – коэффициент, учитывающий трение (0,65...0,7);

g – ускорение свободного падения (9,81 м²/с);

H – высота башни-конфузора, м;

T_i – средняя температура в основании башни-конфузора, K;

T_0 – средняя абсолютная температура снаружи у выхода из башни-конфузора, K.

При расчетах учитывался коэффициент n сужения башни-конфузора

$$n = \frac{D}{d},$$

где D – диаметр основания башни-конфузора, м;

d – диаметр на выходе, м.

Рассчитаны скорости воздушного потока на выходе из башни-конфузора при следующих исходных данных: $H = 10$ м, температура T_0 принята в диапазоне от 240 до 323 K; температура $T_i = 333$ K.

В таблице 1 приведены результаты расчетов скорости воздушного потока на выходе из башни-конфузора в зависимости от наружной температуры в верхней части башни при $n = 3$.

Таблица 1 – Скорости воздушного потока на выходе из башни-конфузора

Температура, T_0 , °C	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50
Скорость на выходе из башни V_0 , м/с	10,8	10,2	9,5	8,8	8,1	7,5	6,2	5,8	5,1

Дальнейшая задача заключается в определении действительной скорости воздуха $V_{вд}$ и сравнении ее с расчетной скоростью V_0 .

Скорость воздушного потока для организации псевдоожжения зерновых культур определяют по зависимости [6, с. 35]:

$$V_{вд} = \frac{V_p}{\varepsilon},$$

где V_p – рабочая скорость ($V_p = K_V \cdot V_{kp}$), м/с;

K_V – число псевдоожжения, в рассмотренном случае равно 1,6;

V_{kp} – критическая скорость воздушного потока, м/с;

ε – коэффициент порозности, определяемый по таблицам $Ly = f(Ar)$;

Ly – критерий Лященко;

Ar – критерий Архимеда.

Для размеров зерна пшеницы 3x3x7 мм и насыпной плотности $\rho_h = 700 \text{ кг}/\text{м}^2$, плотности самого зерна $\rho_s = 1300 \text{ кг}/\text{м}^2$ и при начальной температуре $T_o = 333 \text{ К}$ получено действительное значение скорости воздуха, равное $V_{bd} = 4,94 \text{ м}/\text{с}$ ($\approx 5,0 \text{ м}/\text{с}$).

Сравнивая расчетную скорость V_{bd} и скорость V_6 на выходе из башни-конфузора, получаем для рассмотренного примера, что $V_{bd} = 5 \text{ м}/\text{с}$ меньше для всех расчетных значений V_6 (табл. 1).

Таким образом, можно сделать вывод, что конструкция сушилки по скоростям воздушного потока внутри башни-конфузора вполне обеспечивает работоспособность принятого технического решения по способу организации сушки зерна культурных растений на основе “альтернативной энергии” и позволяет выполнить главные цели – автономность, экологичность, качество сушки, снижение цены назерно для потребителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толмачев В.Н., Орлов А.В., Булат В.А. Эффективное использование энергии ветра в системах автономного энергообеспечения / Под ред. Орлова А.В. – СПб. : ВИТУ, 2002. – 203 с.
2. Агафонов А.Н., Сайданов В.О., Гудзь В.Н. Комбинированные энергогенераторы объектов малой энергетики. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2005. – 345 с.
3. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – М. : КоллесС, 2006. – 760 с.
4. Машины и аппараты пищевых производств / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков [и др]. – М. : Высшая школа, 2001. – Т. 1 и 2. – 1384 с.
5. Автономная энергоэффективная установка для сушки зерна сыпучих материалов / Терентьев А.Б., Голощапов В.М., Баклин А.А. [и др.]. – Патент RU № 2440543 04.06.2010 г.
6. Павлов К.Ф., Романов П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу “Процессы и аппараты химической технологии”. – Л. : Химия, 1981. – 560 с.

УДК 635.21:631.86:579.64

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В КАРТОФЕЛЕВОДСТВЕ

© A.B. Кравченко, ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха
(Московская обл., Люберецкий район, п. Красково, Россия)

AGROECOLOGICAL ASPECTS OF APPLICATION FERTILIZERS IN POTATO PRODUCTION

© A.V. Kravchenko, Russian Research Institute of Potato named after
A.G. Lohr. (The Moscow region, Lyuberestky district, Kraskovo, Russia)

Получены научные результаты, подтверждающие положительное влияние бактериальных удобрений на биологическую активность и агрохимические показатели почвы, продуктивность и качество картофеля, снижение пораженности болезнями в условиях дерново-подзолистой супесчаной почвы Центрального Нечерноземья России.

Ключевые слова: бактериальные удобрения (Азотовит, Фосфатовит), урожайность и качество клубней картофеля, плодородие почвы.

Scientific results demonstrating the positive impact of bacterial fertilizers on biological activity and agrochemical composition of soil, potato productivity and quality, reducing impact disease in sod-podzolic sandy loam soil in condition of Central Necerozem Russia are obtained.

Key words: bacterial fertilizers (Azotovit, Fosfatovit), productivity and quality of potato tubers, fertility of soil.

E-mail: anna-kravchenko@list.ru

Одним из возможных путей экологизации картофелеводства является совершенствование системы питания, сочетающей минеральные и микробиологические удобрения с целью получения продукции, безопасной для здоровья человека, и снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду [1, 2, 3, 4].

Условия проведения опыта. В 2009 – 2011 гг. на полях научно-экспериментальной базы ГНУ ВНИИКХ “Коренёво” Люберецкого района Московской области был проведен полевой опыт с опрыскиванием клубней картофеля перед посадкой рабочими растворами бактериальных препаратов Азотовита (*Azotobacter chroococcum*) и Фосфатовита (*Bacillus mucilaginosus*) и их смеси (в дозе 2 л/т). Полевой опыт ежегодно располагался на одном из полей трехпольного севооборота, после зерновых предшественников. Повторность опыта – трехкратная, расположение делянок – рендомизированное, площадь делянки – 45 м², учётная – 27 м².

Обработанные клубни высаживались на делянках: без удобрений (Фон 0); на фоне полной дозы минеральных удобрений – Фон 1 ($N_{90}P_{90}K_{120}$) и пониженной в 2 раза – Фон 2 ($N_{45}P_{45}K_{90}$). Срок посадки 6-9 мая 2009 – 2011 гг. Схема посадки – 75 х 30 см. Сорт картофеля – Крепыш (раннеспелый).

Результаты и обсуждение. Почва опытного участка – дерново-подзолистая супесчаная со следующими агрохимическими показателями пахотного горизонта: pH_{KCl} – 4,51-4,62; H_g – 3,30-3,40 мг-экв/100 г почвы; S – 1,98-2,28 мг-экв/100 г почвы, P_2O_5 – 32-34 и K_2O – 0-12 мг/100 г почвы, гумус – 1,85-2,19 %.

Метеоусловия вегетационного периода 2009 г. приближались к среднемноголетней климатической норме и являлись благоприятными для развития картофеля ($\Gamma TK_{2009} = 1,12$, $\Gamma TK_{мног} = 1,29$), в 2010 г. сложились экстремально засушливые условия ($\Gamma TK_{2010} = 0,63$). В 2011 году засуха началась в мае и продолжалась на протяжении вегетационного периода: $\Gamma TK_{2011} = 0,67$, что является показателем средней засухи.

В среднем за 2009 – 2011 гг. минеральные удобрения в половинной дозе $N_{45}P_{45}K_{90}$, быстро растворяясь, повышали биологическую активность почвы с начала и до конца цветения растений на 31-32 мг $CO_2/m^2\cdot ч$ по сравнению с

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ...

контролем. На фоне полной дозы $N_{90}P_{90}K_{120}$ в начале бутонизации биологическая активность почвы была на 15 мг CO_2/m^2 ч выше контроля, а в конце цветения на одном уровне с контролем. Это означает, что в условиях дефицита влаги (2010 и 2011 гг.) применение минеральных удобрений в полной дозе приводило к депрессии биологической активности почвы, которая усиливалась по мере развития засухи (во вторую половину вегетации).

Предпосадочная обработка клубней бактериальными препаратами как на вариантах без удобрений (на 57-58 мг CO_2/m^2 ч – в фазе бутонизации и на 44-59 мг CO_2/m^2 ч – в конце цветения), так и на фоне $N_{45}P_{45}K_{90}$ (на 22-29 мг CO_2/m^2 ч – в фазе бутонизации и на 11-14 мг CO_2/m^2 ч – в конце цветения) повышала БАП по сравнению с соответствующими контролями во все годы исследований.

За годы исследований была отмечена следующая закономерность – обработка клубней бактериальными препаратами как на неудобренном фоне, так и на фоне половинной дозы удобрений способствовала улучшению кислотно-основного баланса почвы.

Так, если на минеральных фонах (Фон 1, 2) наблюдалось подкисление среды (на 0,28-0,29 мг-экв/100 г почвы) и тенденция снижения суммы поглощенных оснований (на -0,17 мг-экв/100 г почвы), то на вариантах с обработкой клубней азотовитом и фосфатовитом как по отдельности, так и в баковой смеси (азотовит + фосфатовит) на Фоне 2 наблюдалась тенденция снижения кислотности и повышения суммы обменных оснований; на Фоне 0 отмечено достоверное повышение суммы обменных оснований на 0,26-0,36 мг-экв/100 г почвы, а увеличение гидролитической кислотности находилось в пределах НСР₀₅ (0,05-0,06 мг-экв/100 г почвы) (табл. 1).

На вариантах с обработкой клубней фосфатовитом как на Фоне 0, так и на Фоне 2 наблюдалось достоверное повышение подвижного фосфора (извлекаемого 0,2 н HCl) – на 24-30 мг/кг почвы по сравнению с соответствующими весенними показателями.

Таблица 1 – Динамика физико-химических свойств почвы за вегетационный период (среднее 2009 – 2011 гг.)

Варианты опыта	рН _{HCl}			Нг, мг-экв/100 г почвы			S, мг-экв/100 г почвы		
	весна	осень	Δ	весна	осень	Δ Нг	весна	осень	Δ S
Фон 0 (без удобрений)	4,55	4,54	-0,01	3,32	3,46	0,14	2,05	2,13	0,08
Фон 0 + азотовит + фосфатовит	4,52	4,52	-0,10	3,37	3,42	0,05	2,07	2,43	0,36
Фон 0 + азотовит	4,51	4,59	-0,02	3,30	3,35	0,05	2,22	2,33	0,11
Фон 0 + фосфатовит	4,51	4,61	0,10	3,35	3,41	0,06	2,15	2,41	0,26
Фон 1 ($N_{90}P_{90}K_{120}$)	4,50	4,47	-0,13	3,36	3,64	0,28	2,07	1,90	-0,17
Фон 2 ($N_{45}P_{45}K_{90}$)	4,59	4,53	-0,06	3,40	3,69	0,29	2,05	2,08	0,03
Фон 2 + азотовит + фосфатовит	4,55	4,70	0,15	3,35	3,48	0,13	2,22	2,35	0,13
Фон 2 + азотовит	4,56	4,59	0,02	3,36	3,44	0,08	2,20	2,34	0,14
Фон 2 + фосфатовит	4,56	4,65	0,09	3,32	3,32	0	2,12	2,37	0,25
НСР05		0,07			0,10			0,25	

После уборки картофеля на нулевом фоне отмечено снижение содержания обменного калия (извлекаемого 0,2 н HCl) по сравнению с соответствующими весенними значениями (отрицательный баланс), что объясня-

ется низкой естественной обеспеченностью этим элементом, засухой (2010 и 2011 гг.) и высоким биологическим и хозяйственным выносом калия картофелем. На варианте с половинной дозой удобрений (Фон 2) наблюдался слабый положительный баланс этого элемента, который увеличивался на вариантах с применением бактериальных препаратов. Достоверный положительный баланс калия складывался на вариантах: Фон 1 ($N_{90}P_{90}K_{120}$) и (Фон 2 + азотовит) – +18-19 мг/кг почвы.

В осенних образцах почвы было установлено, что предпосадочная обработка клубней бактериальными препаратами способствовала повышению нитратного азота в почве на вариантах: Фон 0 + азотовит – на 13 мг/кг; Фон 2 + азотовит – на 11 мг/кг – по сравнению со значениями соответствующих контролей (Фон 0 и Фон 2). На остальных вариантах повышение концентрации нитратов в почве было в пределах ошибки опыта.

Результирующим показателем эффективности различных агроприёмов является урожайность возделываемой культуры. Наибольшие прибавки урожайности от обработки клубней бактериальными препаратами получены на неудобренном фоне (Фон 0) – + 2,8-4,9 т/га или + 18,8-32,9%; на фоне удобрений (Фон 2) прибавки были меньше и составили + 0,6-1,2 т/га или + 3,2-6,5% (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность картофеля (с. Крепыш) в зависимости от изучаемых факторов по годам исследований

Варианты опыта	Урожайность, т/га				Прибавка к Фону 0		Прибавка к Фону 2	
	2009	2010	2011	средн.	т/га	%	т/га	%
Фон 0 (бесудобрений)	25,0	7,5	12,1	14,9	-	-	-	-
Фон 0 + азотовит + фосфатовит	30,3	9,0	13,7	17,7	2,8	18,8	-	-
Фон 0 + азотовит	36,3	9,3	13,7	19,8	4,9	32,9	-	-
Фон 0 + фосфатовит	30,5	9,6	15,1	18,4	3,5	23,5	-	-
Фон 1 ($N_{90}P_{90}K_{120}$)	37,6	9,3	15,1	20,7	5,8	38,9	-	-
Фон 2 ($N_{45}P_{45}K_{90}$)	32,2	9,9	13,8	18,6	3,7	24,8	-	-
Фон 2 + азотовит + фосфатовит	33,1	9,6	15,0	19,2	4,3	28,9	0,6	3,2
Фон 2 + азотовит	33,8	9,9	14,3	19,3	4,4	29,5	0,7	3,8
Фон 2 + фосфатовит	34,1	10,5	14,8	19,8	4,9	32,9	1,2	6,5
НСР _{0,5}	1,6	0,6	0,9	1,0	1,0	-	1,0	-

В условиях 2009 г. обработка клубней картофеля перед посадкой бактериальными препаратами обеспечивала высокий уровень урожайности – примерно такой же, как на фоне полной дозы минерального удобрения [(фон 0 + азотовит – 36,3 т/га) → (фон 1 – $N_{90}P_{90}K_{120}$) – 37,6 т/га].

В условиях засушливых вегетационных периодов 2010 и 2011 гг. тенденции, наблюдавшиеся на опыте в 2009 г., подтвердились: микробиологические препараты были более эффективными и давали максимальную прибавку урожайности на неудобренном фоне (Фон 0). За годы проведения исследований максимальная урожайность картофеля получена на вариантах: Фон 0 + Азотовит – 19,8 т/га (прибавка 4,9 т, или 32,9 % к контролю); Фон 1 ($N_{90}P_{90}K_{120}$) – 20,7 т/га (прибавка 5,8 т, или 38,9 % к контролю); Фон 2 ($N_{45}P_{45}K_{90}$) + + Фосфатовит – 19,8 т/га (прибавка 4,9 т, или 32,9 % к контролю).

Бактериальные препараты влияли на содержание крахмала в клубнях картофеля положительно, а минеральные удобрения – отрицательно. Наиболее существенное снижение крахмалистости отмечено на варианте с пол-

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ...

ной дозой минеральных удобрений в условиях 2009 г. на 1,2 %, в 2010 г. на 0,9 % и в 2011 г. на 0,5 % по сравнению с неудобренным контролем.

На вариантах с использованием бактериальных препаратов на нулевом фоне (без удобрений) крахмалистость картофеля составляла 14,1-14,2 %, а на Фоне 2 ($N_{45}P_{45}K_{90}$) + бактериальные препараты – 13,7-14,2 %, т.е. была на одном уровне с неудобренным контролем ($HCP_{05} = 0,8 \%$).

Максимальное содержание витамина С отмечено на вариантах сочетания бактериальных препаратов с Фоном 0 и 2: Фон 0 + азотовит – 36 мг%; Фон 2 + азотовит + фосфатовит – 34,7 мг%; Фон 2 + фосфатовит – 35,9 мг%.

Бактериальные препараты способствовали повышению кулинарных качеств продукции, снижали распространность и развитие грибных болезней на клубнях картофеля. Распространенность (количество больных клубней) и развитие (глубина язв) парши обыкновенной на вариантах со 2-го по 4-й (Фон 0 + бактериальные препараты) составила 11,6-14,2 и 3,4-3,9 % против соответствующих значений контроля 15,9 и 5,9 %; распространенность и развитие ризоктониоза составила 5,8-12,1 и 1,9-4,5 %, против соответствующих значений контроля 18,7 и 7,0 %.

Расчеты экономической эффективности изучаемых систем удобрений (в ценах 2011 г.) показали, что максимальная величина окупаемости затрат и условного дохода от дополнительной продукции получена на варианте Фон 0 + азотовит – 10,1 руб./руб. и 58,0 тыс. руб./га.

Вариант с половинной дозой минеральных удобрений и обработкой клубней фосфатовитом [$(N_{45}P_{45}K_{90}) +$ Фосфатовит] уступал варианту с полной дозой $N_{90}P_{90}K_{120}$ по величине условного дохода (52,3 против 61,0 тыс. руб./га), но превосходил по окупаемости затрат (4,6 против 4,2 руб./руб.) и был на одном уровне по себестоимости продукции (7,3 и 7,2 руб./кг), а также превосходил вариант с половинной дозой ($N_{45}P_{45}K_{90}$) по всем экономическим показателям.

Выводы: Максимальная эффективность от обработки клубней бактериальными препаратами получена на вариантах: [Фон 0 + Азотовит] и [$(N_{45}P_{45}K_{90}) +$ Фосфатовит] – 19,8 т/га (прибавка 4,9 т/га, или 32,9 % к соответствующим контролем), что практически на одном уровне урожайности, полученной от полной дозы минеральных удобрений ($N_{90}P_{90}K_{120}$) – 20,7 т/га. Обработка клубней бактериальными препаратами повышала качество продукции: содержание крахмала, витамина С, сопротивляемость болезням. Обработка клубней бактериальными препаратами способствовала повышению эколого-агрохимических характеристик дерново-подзолистой почвы: улучшалась биологическая активность, кислотно-основной баланс; доступность фосфатов и минерального азота.

Таким образом, предпосадочная обработка семенного материала бактериальными препаратами в различных технологиях возделывания картофеля может стать одним из важных условий энергосбережения и экологизации окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парахин Н.В. Экологическая устойчивость и эффективность растениеводства // Теорет. основы и практик. опыт. – М. : Колос, 2002. – 199 с.
2. Роговская Н.Н., Щедрин В.А. Биологические удобрения и технологии производства семенного и продовольственного картофеля // Вопросы современного земледелия в Центральном Черноземье : Материалы научно-практической конференции / КСХА. – Курск, 2003. – С. 54 – 55.
3. Бактериальные биопрепараты и их влияние на урожайность томатов и картофеля / Соколова М.Г., Акимова Г.П., Рудиковский А.В. [и др.] // Плодородие. – 2008. – № 1 (40). – С. 26 – 27.
4. Федотова Л.С., Кравченко А.В., Гаврилов А.Н. Значение бактериальных удобрений в биологизированном картофелеводстве // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 28 – 30.

УДК 633.11. “321”. + 631.95

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИЗУЧЕНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

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

ECOLOGICAL SORTOIZUCHENIE SPRING WHEAT

© **N.I. Ostroborodova**, Penza state agricultural academy (Penza, Russia)

Статья посвящена изучению сортов яровой мягкой пшеницы. Установлено, что в получении высоких и устойчивых урожаев изучаемой культуры важная роль принадлежит использованию тех сортов, которые наилучшим образом приспособлены к возделыванию в местных условиях.

Ключевые слова: яровая пшеница, сорта, продуктивность, урожайность,

The Article is dedicated to study sort spring soft wheat. It Is Installed that in reception high and firm harvest of the under study culture, important role belongs to use that sort, which are to the best advantage adapted to возделыванию in local condition.

Key words: spring wheat, sort, productivity, productivity.

E-mail: natasha_1002@mail.ru

Яровая пшеница – важнейшая зерновая культура, которая заняла одно из первых место в питании человека прежде всего благодаря особым, уникальным свойствам белков, позволяющим получать из пшеничной муки хлеб с высокими вкусовыми и физическими качествами, а также макаронные изделия. Исключительные пищевые достоинства зерна пшеницы делают ее важнейшей продовольственной культурой в мире. Наряду с этим обширное географическое распространение обусловлено ее высокой общей онтогенетической адаптивностью. Приспособленность многих сортов пшеницы к

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИЗУЧЕНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

широкому диапазону варьирования экологических факторов обеспечивает возможность их выращивания в различных природно-климатических зонах, зачастую с жесткими условиями в период вегетации. Однако изменчивость факторов внешней среды вызывает значительную вариабельность их урожайности и качества зерна [4, с. 3].

Вопросы повышения устойчивости производства зерна яровой пшеницы и стабилизации его качества должны решаться комплексно и, прежде всего, за счет сортов, хорошо приспособленных к местным условиям [3, с. 333; 2, с. 9; 6, с. 52].

Эта проблема весьма остро стоит в Пензенской области. Значительная изменчивость метеорологических факторов, частые засухи обусловливают сильную нестабильность урожайности по годам.

Все более усиливается тенденция к получению экологически чистого урожая зерна. Разнообразие и нестабильность природно-климатических факторов и их непредсказуемость в вегетационный период, опасность глобального изменения климата, сложность взаимодействия сорта со средой еще больше усложняют эту проблему и диктуют необходимость возделывания в каждой из агроклиматических зон адаптированных сортов [1, с. 157].

Исследования по изучению адаптивных свойств сортов яровой мягкой пшеницы проводились в условиях коллекционного участка ФГБОУ ВПО “Пензенская ГСХА”, расположенного в первом агроклиматическом районе Пензенской области.

Объектом исследования являлись четыре сорта яровой мягкой пшеницы, происхождение которых представлено различными эколого-географическими регионами: *Нива 2 (st)*, *Тулайковская 10*, *Новосибирская 15*, *Саратовская 68*.

В мелкоделяночных полевых опытах проводили необходимые наблюдения, учеты и анализы по соответствующим методикам.

Одним из основных показателей, определяющих продуктивность посева, является полнота всходов, которая в годы исследования зависела от метеоусловий.

В условиях 2009 г. полевая всхожесть колебалась от 80 до 86 %. Более высокой полевой всхожестью характеризовался сорт Нива 2 – 86,0 %.

В 2010 году данный показатель был значительно ниже, что связано с сухой и жаркой погодой и составил 64,7...67,5 %.

При обосновании параметров сорта яровой пшеницы в конкретной зоне возделывания необходимо учитывать особенности формирования плотности посевов, сохранность растений в течение вегетационного периода и их выживаемость к концу роста и развития [5, с. 148].

С учетом предложенной нормы высея 5,5 млн. всхожих семян на один гектар густота растений по всходам в среднем за два года составляла от 398 до 420 шт./м², соответственно по вариантам. Полнота всходов колебалась от 72,3 до 76,4 %.

В среднем за два года наибольший показатель биологической стойкости (81,6 %) отмечен у сорта Саратовская 68.

Анализ полученных данных по сохранности растений позволил сделать вывод, что не все взошедшие растения смогли противостоять неблагоприятным погодным условиям. Процент сохранившихся к уборке растений пшеницы колебался по годам, что предполагает наличие индивидуальной биологической стойкости сорта.

Урожайность является конечным выражением процессов роста и развития растений и из практики известно, что не все сорта одинаково проявляют себя в одних и тех же условиях их возделывания. Одни – менее урожайны, другие, легко подвергаясь различным заболеваниям и слабо сопротивляясь неблагоприятным условиям перезимовки и засухе, также не могут давать высокие и устойчивые урожаи. Для производства наибольшую ценность представляют те сорта, которые способны давать в данных условиях большие и устойчивые урожаи высокого качества зерна.

Изучаемые сорта обладают сугубо специфическими особенностями по отзывчивости на изменение условий жизнедеятельности.

Результаты сортоизучения яровой пшеницы в 2009 году показали, что среди изучаемого набора сортов достоверную прибавку обеспечили все изучаемые сорта, кроме Новосибирской 15. Причём максимальная урожайность была получена у сорта Тулайковская 10. Прибавка составила 0,44 т/га по сравнению со стандартом (табл. 1).

В контрастных метеорологических условиях 2010 г. сорт Новосибирская 15 был менее экологически приспособлен. Урожайность этого сорта была равна 0,94 т/га. Сорт Саратовская 68 имел урожайность, близкую к стандарту. Урожайность сорта Тулайковская 10 превышала стандарт на 0,09 т/га.

Таблица 1 – Урожайность сортов яровой мягкой пшеницы, т/га

№ п/п	Вариант	Годы		Среднее за два года		
		2009	2010	Урожайность	Отклонение от контроля (+/-)	
					т/га	%
1	Нива 2 (st)	2,58	1,26	1,92	-	-
2	Новосибирская 15	2,52	0,94	1,73	-0,20	-9,9
3	Саратовская 68	2,81	1,24	2,03	+0,11	+5,7
4	Тулайковская 10	3,02	1,35	2,18	+0,26	+13,5
	НСР ₀₅ , т/га	0,101	0,104	-	-	-

В среднем за два года исследований сорта Саратовская 68 и Тулайковская 10 превышали по урожайности стандарт на 0,11...0,26 т/га, соответственно. Сорт Новосибирская 15 как по годам исследований (на 0,06...0,32 т/га), так и в среднем за два года уступал стандарту (на 0,19 т/га).

Вместе с урожайностью все сорта оценивались по качеству зерна.

Технологические достоинства зерна оценивают по совокупности его мукоомольных и хлебопекарных свойств, от которых зависят количественно-качественные показатели готовой продукции – муки, макаронных и кондитерских изделий, хлеба (табл. 2).

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИЗУЧЕНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Таблица 2 – Качество зерна сортов яровой мягкой пшеницы (среднее за 2009...2010 гг.)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Натура, г/л	Массовая доля сырой клейковины, %
Нива 2 (ст)	27,7	67	739	25,5
Новосибирская 15	29,3	72	737	27,8
Саратовская 68	28,4	70	738	26,4
Тулайковская 10	30,5	69	761	26,5

Натура зерна дает достаточно надежное представление о выполнности зерна и оказывает значительное влияние на общий выход муки при размоле.

В условиях 2009 года более выполненное зерно сформировали сорта Новосибирская 15 и Тулайковская 10. Натура зерна составила 739 и 768 г/л.

В засушливый 2010 год все сорта сформировали низконатурное зерно.

В исследованиях за два года в среднем примерно одинаковая выполненност зерна была отмечена у всех сортов, за исключением сорта Тулайковская 10, у которого натура составила 761 г/л.

Для выявления количества эндосперма, содержащегося в зерне, используют и массу 1000 зерен. Чем выше масса 1000 зерен, тем ценнее зерно. В условиях 2009 г. все сорта по массе 1000 зерен превосходили стандарт на 1,2...5,8 г. Данная тенденция в 2010 году не была сохранена. Зерно с максимальной массой 1000 зерен было получено у сорта Саратовская 68. В среднем за два года более высокой массой 1000 зерен отличался сорт Тулайковская 10 (30,5 г).

Мукомольные свойства определяются главным образом физическими особенностями строения зерна: стекловидностью, массой 1000 зерен, натурой. Стекловидное зерно оказывает большое сопротивление раздавливию, дает более высокий выход муки, чем мучнистое, мука более крупнитчатая, что ценится в хлебопечении. Также от стекловидности, кроме крупнитчатости, зависит выход крупок, отрубей и их качество, севкость сит, удельный расход энергии и т. д. Чем выше стекловидность, тем лучше технологические свойства зерна. При формировании помольных партий рекомендуется стекловидность поддерживать в пределах 50...60 процентов.

Осадки вегетационного периода 2009 г. способствовали получению зерна со средней стекловидностью, но сорта Тулайковская 10 и Новосибирская 15 превышали стандарт на 11...13 %, соответственно.

Сухая и жаркая погода 2010 года, напротив, позволила получить высокостекловидное зерно.

В среднем за годы изучения при различных метеорологических условиях высокостекловидное зерно получено у всех сортов.

Одним из важнейших показателей, влияющих на хлебопекарные качества зерна пшеницы, является массовая доля сырой клейковины. Клейковина образует так называемый скелет или остов хлеба, который обуславливает газоудерживающую способность теста, то есть его способность удерживать

СО₂, образующийся при брожении теста. При наличии хорошей клейковины тесто делается пористым и легко пропекаемым.

В 2009 г. массовая доля сырой клейковины варьировала от 22,4 у стандарта Нива 2 до 25,2 % у сорта Новосибирская 15. Самый низкий показатель содержания клейковины был отмечен у стандарта. Качество клейковины соответствовало второй группе, т.е. удовлетворительная слабая, что определяет получение хлеба с меньшим объемным выходом.

В 2010 г. по качеству клейковины выделились сорта Саратовская 68 и Новосибирская 15, содержание клейковины которых составило 29,8 и 30,5 %, что на 1,2...1,9 % выше стандарта, качество клейковины соответствовало второй группе.

В среднем за два года самый низкий показатель клейковины был отмечен у сорта Нива 2 – 25,5 %. Остальные сорта имели более высокое содержание сырой клейковины 26,4...27,8 % второй группы качества.

Содержание белка является важным показателем пищевых и кормовых достоинств зерна пшеницы, хотя из высокобелкового зерна не всегда можно получить хлеб хорошего качества.

В 2009 г. содержание белка в зерне было невысоким. Однако наибольшее содержание белка отмечено у сорта Новосибирская 15 – 13,81 %.

Таким образом, проведенные исследования показали, что продуктивность яровой мягкой пшеницы зависела как от сорта, так и от сложившихся метеорологических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьяков Ю.Т. *Общая фитопатология с основами иммунитета / Ю.Т. Дьяков, И.Г. Семенкова, Г.Д. Успенская.* – М. : Колос, 1976. – 256 с.
2. Иванников В.Ф. *Источники хозяйственно-ценных признаков для селекции озимой пшеницы / В.Ф. Иванников, Н.А. Егорцев, Г.Я. Маслова // Селекция и семеноводство.* – 1998. – № 1. – С. 9 – 12.
3. Крючков А.Г. *Роль новых сортов в повышении урожайности зерновых культур / А.Г. Крючков, В.А. Шарабаров, М.А. Шустиков // Наука и хлеб : Сб. науч. работ. – Оренбург, 1999. – Вып. 6. – С. 333 – 339.*
4. Куркова И.В. *Оценка адаптированности сортов яровой пшеницы различного эколого-географического происхождения к условиям Амурской области : Автoref. дисс. ...с.-х. наук: 06.01.05 / И.В. Куркова.* – Благовещенск, 2009. – 20 с.
5. Самуилов Ф.Д. *Продуктивность разных видов яровой пшеницы в связи с сохранностью к уборке и выживаемостью растений в степной зоне Оренбургского Зауралья / Ф.Д. Самуилов, Л.А. Мухитов // Матер. междунауч.-практик. конф. – Ульяновск, 2009. – С. 148 – 152.*
6. Шаркова С.Ю. *Применение мелиоративных приемов при выращивании яровой пшеницы в условиях техногенеза // Плодородие : Научно-практический журнал.* – М. : МЦНТИ, 2010. – № 3. – С. 51 – 52.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ И ЭНЗИМАТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ 7-АЦК

© *K.R. Таранцева*, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© *M.I. Яхкинд*, Пензенская государственная
технологическая академия (г. Пенза, Россия)

ECOLOGICAL AND ECONOMIC EVALUATION CHEMICAL AND ENZYMATIC TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF 7-ACA

© *K.R. Tarantseva*, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

© *M.I. Yahkind*, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

Статья посвящена сравнительному анализу воздействия на окружающую среду химической и энзиматической технологий получения 7-АЦК. Показано, что при энзиматической технологии получения суммарный расход реагентов в 7 раз меньше; расход питьевой воды в 11 раз меньше, чем при химической технологии. При этом выход готового продукта при энзиматической технологии больше, чем при химической.

Ключевые слова: эколого-экономическая оценка, анализ, технологии, синтез, 7-аминоцефалоспорановая кислота.

The article is devoted to comparative analysis of the environmental impact of chemical and enzymatic technologies to produce 7-ACA. It is shown that the enzyme technology for the total consumption of reagents is 7 times smaller, consumption of drinking water is 11 times smaller, than in chemical engineering. The output of the finished product with enzymatic technology is greater than the chemical.

Key words: ecological and economic assessment, analysis, technology, the synthesis of 7-aminocephalosporanic acid

E-mail: krtar@bk.ru, yah@sura.ru

7-Аминоцефалоспорановая кислота (7-АЦК) – ключевой полупродукт для синтеза большинства полусинтетических цефалоспоринов, наиболее применяемой группы антибиотиков в мире. В России 7-АЦК не производят и поэтому закупают субстанции и готовые лекарственные формы цефалоспориновых антибиотиков за рубежом, это обуславливает их высокую стоимость и снижает лекарственную безопасность государства.

В настоящее время производство цефалоспориновых антибиотиков в нашей стране признано приоритетным направлением. В связи с этим актуальным является проведение исследований по разработке и выбору оптимальной технологии получения 7-АЦК из цефалоспорина С с учетом воздействия ее на окружающую среду.

До последнего времени в мире параллельно существуют и развиваются два направления синтеза 7-АЦК – химическое и энзиматическое.

Ранее [1, 2] нами было показано, что оптимальным химическим методом получения 7-АЦК из цефалоспорина С в настоящее время является его взаимодействие с пятихлористым фосфором при сильной защите реакционноспособных групп. Оптимальным энзиматическим способом является способ двухстадийного энзиматического дезацилирования.

Способ двухстадийного энзиматического дезацилирования позволяет получить 7-АЦК из цефалоспорина С с достаточно высоким выходом на уровне 70-84 %. Этот выход сопоставим с выходом при оптимальной химической технологии получения 7-АЦК, который находится на уровне 76-91 %.

В данной работе приводится сравнительный анализ химической и энзиматической технологии получения 7-АЦК, в том числе по воздействию на окружающую среду, который позволит сделать правильный вывод при промышленном освоении производства 7-АЦК в России.

Согласно разработанной опытно-промышленной химической технологии 7-АЦК получают из дигидрата цинковой соли цефалоспорина С или натриевой соли цефалоспорина С. До стадии гидролиза процесс ведут в среде хлористого метилена, далее – в водно-метанольной среде без выделения промежуточных продуктов.

Вначале проводят силилирование дигидрата цинковой соли цефалоспорина С или натриевой соли цефалоспорина С в хлористом метилене trimetilхlorosilanom или dиметилдихлоросilanom, используя N,N-диметиланилин в качестве акцептора выделяющегося хлористого водорода. Силилирование ведут при температуре (29 ± 1) °C. При этом цефалоспорин С переходит в сильное производное, которое растворяется в хлористом метилене. Далее проводят обработку полученного сильного производного цефалоспорина С пятихлористым фосфором. В качестве акцептора выделяющегося хлористого водорода также используют N,N-диметиланилин. Процесс ведут при температуре минус (50 ± 5) °C. При этом образуется иминохлорид сильного производного цефалоспорина С.

Полученный иминохлорид сильного производного цефалоспорина С сразу же обрабатывают метанолом. Процесс ведут при температуре минус (55 ± 5) °C. При этом иминохлорид переходит в метиловый иминоэфир сильного производного цефалоспорина С.

Для получения 7-АЦК реакционную массу гидролизуют водой при температуре не выше 4 °C. При этом метиловый иминоэфир сильного производного цефалоспорина С разлагается до 7-АЦК. Однако за счет присутствия в среде значительных количеств хлористого водорода 7-АЦК образует гидрохлорид, который переходит в водно-метанольный раствор. Водно-метанольный слой отделяют и осветляют активным углем.

Осаждение 7-АЦК из водно-метанольного раствора гидрохлорида 7-АЦК проводят подщелачиванием раствором гидроксида натрия до pH $2,7\pm 0,2$ при температуре не выше 7 °C. Продукт отделяют, промывают водой, затем ацетоном и сушат.

Сравнительный анализ энзиматической и химической опытно-промышленных технологий проводили на основании следующих данных:

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ...

– для химической технологии – из регламента [3, 4], составленного при разработке химической технологии получения 7-АЦК из цинковой соли цефалоспорина С;

– для энзиматической технологии – из регламента [5], разработанного во время проведения данного исследования.

Сопоставление используемого сырья

Для наглядности оценки сырье, используемое при получении 7-АЦК химическим способом, приведено в левой части сводной таблицы 1, сырье, используемое при получении 7-АЦК энзиматическим способом, – в правой. Сырье в таблице 1 разбито на следующие группы: исходный продукт (цинковая и натриевая соли цефалоспорина С); реагенты; органические растворители; иммобилизованные ферменты; вода.

Таблица 1 – Сводная таблица используемого сырья

Химическая технология			Энзиматическая технология		
Наименование сырья	Расход сырья, кг на 1 кг 7-АЦК		Наименование сырья	Расход сырья, кг на 1 кг 7-АЦК	
	Без учета ¹	с учетом		Без учета ²	с учетом
1	2	3	1	2	3
<u>Исходный продукт</u>			<u>Исходный продукт</u>		
Цефалоспорин С Zn-соль	2,60		Цефалоспорин С Na-соль	2,53	
– в пересчете на кислоту	1,92		– в пересчете на кислоту	1,90	
<u>Реагенты</u>			<u>Реагенты</u>		
Гидроксид натрия	12,17		Аммиак водный конц. чист.	5,37	
в т.ч.			Кислота хлористоводор. чист.	1,13	
– чист.	3,55		Уголь активный	0,53	
– техн. (натр едкий)	8,62				
N,N-диметиллантицин	4,35				
Кальций хлористый	7,75				
Кислота хлористоводор.	17,19				
в т.ч.					
– чист.	0,34				
– техн.	16,85				
Триамминхлористик	4,61				
Фосфор пятисульфистый	2,27				
Уголь активный	0,48				
Итого реагенты:	48,82		Итого реагенты:	7,03	
<u>Органические растворители</u>			<u>Органические растворители</u>		
Ацетон	106,27	18,31	Ацетон	34,93	6,66
Метанол	34,05	11,31			
Метилен хлористый	96,96	24,94			
Итого растворители:	237,28	54,56			
			<u>Иммобилизованные ферменты</u>		
			Оксидаза D-аминокислот	6,84	0,07
			Глутарипептидаза	3,16	0,03
			Итого ферменты:	10,00	0,10
<u>Вода</u>			<u>Вода</u>		
в т.ч.			– дистиллированная	77,00	
– обессоленная	213,01				
– питьевая	613,73				
Итого вода:	826,74				
Итого:	1115,44	932,72	Итого:	131,49	93,32

Для гидроксида натрия и концентрированной хлористоводородной кислоты в таблице 1 сгруппировано вместе сырье различного качества (чистое и техническое). Для воды в этой таблице сгруппирована вместе вода различного качества (обессолененная, питьевая, дистиллированная).

Расход органических растворителей приведен в двух вариантах – без учета регенерации (по загрузке) и с учетом регенерации. Расход иммобилизованных ферментов также приведен в двух вариантах – без учета многократного использования (по загрузке) и с учетом многократного использования (100 циклов работы).

Сопоставление солей цефалоспорина С

Как уже было отмечено выше, при химической технологии получения 7-АЦК можно использовать как цинковую, так и натриевую соли цефалоспорина С (точнее, цефалоспорин С в любой форме), а для энзиматической технологии – натриевую соль цефалоспорина С (точнее, цефалоспорин С в водорастворимой форме).

При этом цинковая соль цефалоспорина С обладает более высокой токсичностью при пероральном приеме, чем натриевая, причиной чего является присутствие в ней цинка (Zn^{2+}), соли которого являются токсичными.

Следовательно, цинковая соль цефалоспорина С является более вредным соединением по сравнению с натриевой солью, поскольку содержит цинк, кроме того, она дает цинкодержащие отходы, которые необходимо обезвреживать. Поэтому переход от цинковой соли к натриевой является положительным с точки зрения защиты окружающей среды.

Сопоставление реагентов

Из таблицы 1 видно, что при химической технологии число реагентов больше, чем при энзиматической, 7 и 3, соответственно. Суммарный расход реагентов при химической технологии составляет 48,82 кг на 1 кг 7-АЦК, при энзиматической – 7,03 кг на 1 кг (рис. 1), т.е. при химической технологии используется почти в 7 раз большее количество реагентов.

Кроме того, среди реагентов, используемых при химической технологии, много токсичных, представляющих опасность для обслуживающего персонала и окружающей среды. Наибольшую опасность представляют хлорсиланы, пятихлористый фосфор и N, N-диметиланилин, опасны также гидроксид натрия, хлористоводородная кислота и хлористый кальций.

Среди реагентов, используемых при энзиматической технологии, опасность представляют водный аммиак и хлористоводородная кислота.

Таким образом, по числу и количеству используемых реагентов, по их токсичности, опасности для обслуживающего персонала и окружающей среды энзиматическая технология значительно безопаснее химической.

Сопоставление органических растворителей и их регенерации

При химической технологии получения 7-АЦК используется три органических растворителя – хлористый метилен, метанол и ацетон, при энзиматической один – ацетон. И если ацетон – малотоксичное вещество, то токсичность хлористого метилена и особенно метанола существенно выше, и они представляют заметную опасность для обслуживающего персонала и окружающей среды.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ...

Расход органических растворителей без учета регенерации при химической технологии составляет 237,28 кг на 1 кг 7-АЦК, при энзиматической – 34,93 кг на 1 кг, с учетом регенерации – соответственно 54,56 кг на 1 кг и 6,66 кг на 1 кг (рис. 1), т.е. при химической технологии используется почти в 7 раз большее количество растворителей по загрузке без учета регенерации и в 8 раз большее количество растворителей по расходу с учетом регенерации.

При этом регенерация трех растворителей намного дороже для производителя, чем регенерация одного растворителя просто с точки зрения используемого оборудования и расхода энергоносителей. Кроме того, необходимо учитывать следующее. Процесс регенерации ацетона в обоих случаях относительно простой. Напротив, регенерация метанола и регенерация хлористого метилена при химической технологии – достаточно сложные процессы, при которых необходима предварительная обработка отходов и ректификация растворителей.

Следовательно, при химической технологии получения 7-АЦК используются более вредные органические растворители и в многократно больших количествах, чем при энзиматической. При этом процесс регенерации растворителей намного сложнее.

Оценка иммобилизованных ферментов

Использование ферментов, как правило, иммобилизованных, является основной особенностью энзиматических процессов. Подбор, получение и выделение ферментов является самой сложной задачей при разработке подобных процессов.

При получении 7-АЦК методом двухстадийного энзиматического дезактивирования используют два иммобилизованных фермента – оксидазу D-аминокислот и глутарилазу. В данной работе использовали коммерчески доступные ферменты компании Roche, иммобилизованные на полимерных носителях – полиорганосилоксанах.

Ферменты представляют собой белки, общая масса которых невелика относительно массы носителя. Они не токсичны и не представляют какой-либо опасности для обслуживающего персонала. Используемые в данном случае как носители полиорганосилоксаны являются инертными полимерами и также не представляют какой-либо опасности.

С точки зрения производства работа с иммобилизованными ферментами не является сложной, однако необходимо следить за механической целостностью зерен и не допускать высыхания ферментов. Отработанные иммобилизованные ферменты, как правило, хранят в сухом виде, при этом происходит быстрая инактивация ферментов, т.е. полное разложение белков. Поэтому отработавшие свой срок иммобилизованные ферменты, когда их направляют на захоронение, можно рассматривать как неопасные полимеры-носители, не представляющие проблем ни с точки зрения производства, ни с точки зрения воздействия на окружающую среду.

Сопоставление расхода воды

В настоящее время все большее внимание уделяется уменьшению расхода пресной воды на технологические нужды. При этом необходимо отме-

тить, что как при химической, так и при энзиматической технологии получения 7-АЦК вода расходуется в значительных количествах.

При химической технологии очень большие количества питьевой и обессоленной воды расходуются на мытье оборудования при его подготовке. В ходе основного технологического процесса используется заметно меньшее количество обессоленной воды. Некоторое количество питьевой воды также используется при регенерации метанола и хлористого метилена.

При энзиматической технологии все процессы осуществляются в водной среде, при этом используется дистиллированная вода. Промывка оборудования в данной технологии проводится только перед запуском процесса (точнее, серии операций) или после его остановки, а также при обнаружении заметного загрязнения оборудования. Согласно таблице 1, расход питьевой воды при химической технологии составляет 613,73 кг на 1 кг 7-АЦК, обессоленной воды – 213,01 кг на 1 кг, суммарно 826,74 кг на 1 кг (рис. 1). При энзиматической технологии расход воды составляет 77,00 кг на 1 кг 7-АЦК, т.е. почти в 3 раза меньше, чем расход обессоленной воды при химической технологии, и почти в 11 раз меньше, если считать по общему расходу воды. Поэтому переход к энзиматической технологии получения 7-АЦК, помимо других положительных аспектов, способствует экономии пресной воды.

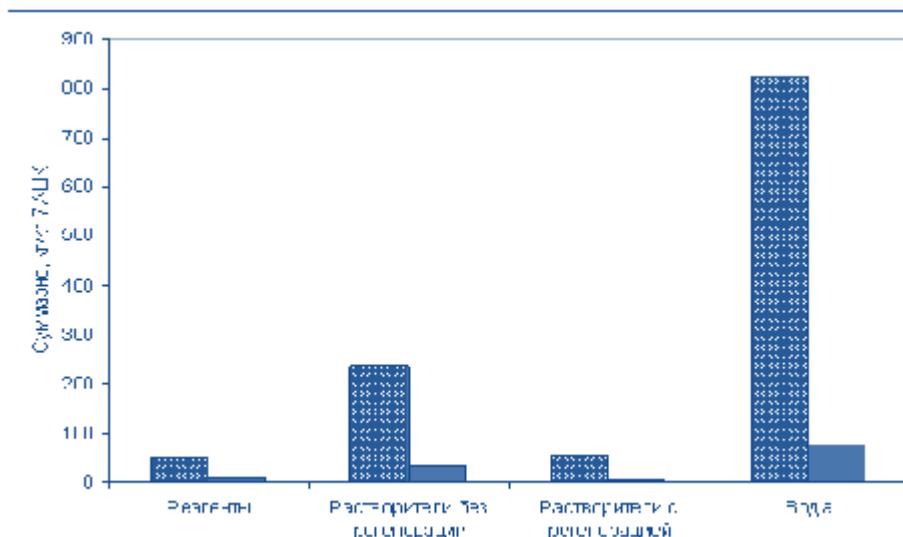


Рисунок 1 – Сопоставление суммарных расходов реагентов, органических растворителей и воды для химической (левая колонка) и энзиматической (правая колонка) технологий

Сопоставление производительности и безопасности процессов

Выход при энзиматической технологии получения 7-АЦК выше, чем при химической, соответственно, 79 и 76 %. Качество конечного продукта при энзиматической технологии получения 7-АЦК также выше, чем при

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ...

химической – соответственно, около 98 и 95 % основного вещества, около 2 и 4 % родственных примесей (по данным ВЭЖХ).

Как при химической, так и при энзиматической технологии основной процесс проводят без выделения промежуточных продуктов, что, несомненно, является их достоинством. Процессы проводят в основном в закрытом оборудовании, что обеспечивает необходимую герметичность, непосредственный контакт с химическими веществами ограничен – исходная соль цефалоспорина С, 7-АЦК, активный уголь, при химической технологии – также пятихлористый фосфор и хлористый кальций.

Серьезной проблемой при химической технологии является использование низких температур. Получение любого низкотемпературного хладоагента связано с большим расходом энергии, а само проведение низкотемпературных процессов требует специального оборудования.

Наконец, при химической технологии получения 7-АЦК сам процесс более многостадийный и более сложный, используется большее число единиц оборудования. Из-за использования низких температур и регенерации трех растворителей общий расход энергоносителей при химической технологии гораздо выше. При энзиматической технологии число химических реагентов гораздо меньше, отсутствуют наиболее опасные из них (включая пятихлористый фосфор). Поскольку процесс проводят при комнатной температуре или при незначительном охлаждении, нет проблем, связанных с низкими температурами. Кроме того, при энзиматической технологии из-за меньшего числа стадий используется меньшее количество единиц используемого оборудования.

Таким образом, и с точки зрения выхода и качества продукта, и с точки зрения проведения технологического процесса и аппаратурного оформления, и с точки зрения безопасности обслуживающего персонала и охраны окружающей среды энзиматический технологический процесс получения 7-АЦК имеет неоспоримые преимущества перед химическим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таранцева К.Р., Яхкинд М.И. *Технологии синтеза 7-аминоцефалоспорановой кислоты и безопасность в техносфере.* – Пенза : Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2009. – 194 с.
2. Таранцева К.Р., Яхкинд М.И. *Анализ технологий синтеза 7-аминоцефалоспорановой кислоты (7-АЦК) и выбор оптимальной безопасной промышленной технологии.* – М. : Научный мир, 2009. – 216 с.
3. Пусковой регламент на производство 7-аминоцефалоспорановой кислоты (7-АЦК). ПУР 64-0263-17/1-89.
4. Ведомость изменений № 1-90 к пусковому регламенту на производство 7-аминоцефалоспорановой кислоты (7-АЦК) ПУР 64-0263-17/1-89.
5. Опытно-промышленный регламент на получение 7-аминоцефалоспорановой кислоты (7-АЦК) методом двухстадийного энзиматического дезацилирования. ОПР 64-0263-055-2000.

**РЕГУЛИРОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ КАРТОФЕЛЯ
В АДАПТИВНО-БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ
ВОЗДЕЛЫВАНИЯ**

© **Л.С. Федотова**, ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Московская обл.,
Люберецкий район, п. Красково, Россия)

© **А.В. Кравченко**, ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Московская обл.,
Люберецкий район, п. Красково, Россия)

**REGULATION OF MINERAL FOOD OF THE POTATO
IN ADAPTIVE-BIOLOGICAL TECHNOLOGIES CULTIVATION**

© **L.S. Fedotova**, Russian Research Institute of Potato named after A.G. Lorch
(The Moscow region, Lyuberestky district, Kraskovo, Russia)

© **A.V. Kravchenko**, Russian Research Institute of Potato named after A.G. Lorch
(The Moscow region, Lyuberestky district, Kraskovo, Russia)

В статье представлены результаты полевых опытов (2004 – 2011 гг.) по влиянию различных агротехнических приёмов на продуктивность и показатели качества картофеля с одновременным снижением антропогенной нагрузки на агроценозы.

Ключевые слова: картофель, сбалансированное минеральное питание, сидераты, бактериальные удобрения, иммуностимуляторы.

In article results of field experiences (2004-2011) on influence various agrotechnical receptions on potato productivity and indicators of quality with simultaneous decrease in anthropogenous loading on environment are presented.

Key words: potato, balanced mineral food, green fertilizers, bacterial fertilizers, regulators of growth plants.

E-mail: ldfedotova@gmail.com

Результаты исследований. В нестабильной агроклиматической обстановке при ухудшении общепланетарной экологической ситуации важное значение приобретает биологизация сельскохозяйственного производства [1, 5].

Существенному повышению величины урожая картофеля с одновременным повышением качества продукции и плодородия почвы способствует включение в севооборот бобовых сидератов. Зеленое удобрение может быть с успехом использовано на любых почвах, но максимальный эффект оно дает в Нечерноземной зоне на малоплодородных дерново-подзолистых почвах, особенно на почвах легкого гранулометрического состава, содержащих мало гумуса и азота.

В стационарном опыте ВНИИКХ (2004 – 2008 гг.) изучалось действие известковых мелиорантов и сидератов на продуктивность картофеля (сорт Жуковский ранний и Малиновка) и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы. Было установлено, что при запашке донника однолетнего поступление элементов питания в почву с биомассой сидерата существен-

РЕГУЛИРОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ КАРТОФЕЛЯ...

но увеличивалось на вариантах с известковыми мелиорантами: азота на 48-110 %, фосфора на 71-114 %, калия на 17-33 %, кальция на 31-91 % и магния на 36-71 %. С надземной биомассой донника в почву возвращалось: 159-335 кг/га азота, 28-68 кг/га фосфора, 153-211 кг/га калия, 127-247 кг/га кальция и 34-58 кг/га магния, причем минимальные значения интервалов характерны для неизвесткованной почвы.

Биомасса сидератов (донника и люпина однолетних) по содержанию сухого вещества была эквивалентна внесению в почву 38-56 т/га подстилочного навоза. Оба сидерата обеспечивали высокий и сбалансированный питательный режим дерново-подзолистой почвы. По данным, полученным в длительном опыте ВНИИКХ (1977 – 2001 гг.), такое количество питательных элементов (по азоту, фосфору, кальцию, магнию и на 2/3 по калию) обеспечивает урожай картофеля на уровне 40 т/га.

После запашки сидератов как в первый год действия сидерации, так и в последствии увеличивалась влагоудерживающая способность и биологическая активность почвы, что проявилось наиболее ярко в годы с недобором осадков (2007 и 2010 гг.).

Урожайность картофеля сортов Жуковский ранний и Малиновка от запашки сидератов повышалась на 25-32 %. Картофель, выращенный по сидератам, характеризовался повышенным содержанием сухого вещества, крахмала, аскорбиновой кислоты и хорошими кулинарными качествами. Снижалась пораженность клубней паршой обыкновенной и ризоктониозом.

Среди множества факторов внешней и внутренней среды, влияющих на рост и развитие растений, минеральное питание является наиболее доступным для регулирования. Поэтому в течение последних 10-15 лет рентабельность картофелеводческих хозяйств в Российской Федерации поддерживается, в основном, минеральными удобрениями, т.к. внесение органики в среднем на 1 га пашни составляет – 2 т/га в год [2].

В условиях жесточайшей засухи 2010 г. уровень продуктивности картофеля на площадях, получивших высокие дозы минеральных удобрений, был значительно ниже продуктивности на неудобренной пашне. В связи с этим необходима перестройка системы удобрений и переход на дробно-локальное внесение удобрений. Корректировка основной дозы удобрений, которую картофель получает при посадке, подкормками корневыми (в первой половине вегетации до смыкания ботвы в рядках) и некорневыми – комплексными аgroхимикатами в период вегетации – является инструментом быстрого реагирования агрономической службы на изменение погоды, как на интенсивные промывные дожди, так и на засуху.

Помимо того, что дробно-локальное применение удобрений устраняет неравномерность внесения, повышает качество продукции, оно также позволяет экономить энергоресурсы посредством повышения коэффициентов использования питательных элементов удобрений. Коэффициенты использования удобрений при локальном размещении повышаются: азота – на 10-15 %, фосфора – на 5-10 %, калия – на 10-12 % [7].

В опыте, расположенном на полях экспериментальной опытной базы “Ильинское” (Московской обл., Домодедовского района), изучалась реакция

сортов картофеля на приемы дробного внесения удобрений: раннеспелый – Жуковский ранний; среднеранний – Ильинский; среднеспелый – Голубизна; среднепоздний – Никилинский. Все сорта картофеля положительно отзывались на перенос части основной дозы внесения на начало всходов и отрицательно – на позднюю подкормку в фазу бутонизации. Так, на контрольном варианте (N90P90K90) урожайность сортов колебалась от 25 до 29 т/га, на варианте N45P45K45 (посадка) + N45P45K45 (всходы) урожайность составляла от 27 до 36 т/га, тогда как на варианте N45P45K45 (посадка) + N45P45K45 (бутонизация) отмечено снижение урожайности до 24–27 т/га [3].

В управлении продуктивностью картофеля важная роль отводится микроудобрениям. Исследования, проведенные в полевом опыте с жидким микроудобрением в хелатной форме “Микровит” показали, что в среднем за 2008 – 2010 гг. урожайность картофеля от некорневых опрыскиваний микроудобрением повышалась на 12,9–21,4 % к минеральному фону (38,0 т/га). Наибольшая прибавка урожайности (21,4 %) была получена в условиях жесточайшей засухи 2010 г., т.к. комплексное микроудобрение “Микровит” выполняло антистрессовую функцию. Применение некорневых подкормок Микровитом практически в 2 раза снижало распространение альтернариоза на листьях картофеля (рис. 1).

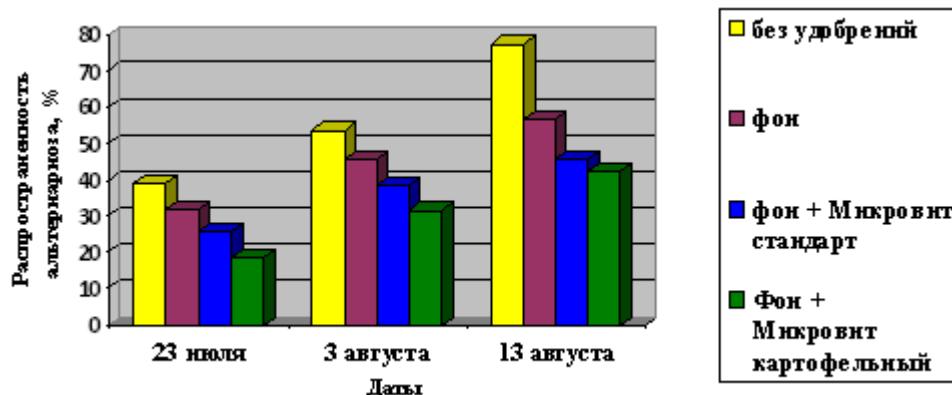


Рисунок 1 – Динамика развития альтернариоза на листьях картофеля (2009 г.)

Поскольку в состав современных торговых марок микроудобрений входят элементы (Cu, Fe, Zn, Mn и др.), используемые для борьбы с грибнями и бактериальными болезнями, это позволяет снижать дозы фунгицидов при некорневых подкормках.

Для активизации биологических процессов в современных агроценозах следует шире применять микробиологические препараты, которые обогащают почву биологическим азотом, мобилизуют недоступный растениям фосфор, подавляют развитие возбудителей болезней и способствуют увеличению урожайности сельскохозяйственных культур; при этом стоимость биологических удобрений примерно в 5 раз ниже цены минеральных туков [1, 4, 5].

РЕГУЛИРОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ КАРТОФЕЛЯ...

Предпосадочная обработка клубней картофеля бактериальными удобрениями на основе *Azotobacter chroococcum* (А) и *Bacillus mucilaginosus* (Ф) повышала продуктивность фотосинтеза и урожайность (в среднем за 2009 – 2011 гг. – на 19-33 %), улучшала показатели качества продукции, снижала развитие грибных болезней на клубнях. По уровню урожайности (19,8 т/га) варианты [Без удобрений + А] и [$(N_{45}P_{45}K_{90}) + \Phi$] не уступали эффективности полной дозы минеральных удобрений ($N_{90}P_{90}K_{120}$) – 20,7 т/га.

Высокая эффективность бактериальных препаратов на картофеле объясняется их положительным влиянием на эколого-агрохимические характеристики дерново-подзолистой почвы – улучшались: биологическая активность почвы, кислотно-основной баланс, доступность фосфатов и минерального азота.

В традиционных технологиях повышение урожайности культур сопровождается увеличением кратности применения фунгицидов, при этом усиливается антропогенный прессинг на экосистему, что в свою очередь приводит к возникновению новых, более агрессивных штаммов возбудителей болезней и в конечном итоге отрицательно оказывается на здоровье людей. Применение иммуностимуляторов позволяет уменьшить кратность обработок фунгицидами и снизить норму их расхода на 25-50 % [6].

В 2008 – 2009 гг. изучалось действие иммуностимулятора Экогель (д.в. хитозан – [поли(1,4)-2-амино-2-дезокси-бета-D-глюкан]) на продуктивность, качество и устойчивость картофеля к патогенам, на двух раннеспелых сортах картофеля (Жуковский ранний и Удача). В опыте наблюдалось повышение урожайности картофеля (на 13-15 %) и улучшение показателей качества. Отмечалось подавление грибных болезней: снижалась пораженность фитофторозом – на 13,4-25 %, альтернариозом – на 25,3-33 %, паршой обыкновенной – на 5,2-13,1 % и ризоктониозом – на 3,0-11,2 %.

В условиях разбалансированности климатических условий система минерального питания, сочетающая альтернативные источники органических удобрений (сидераты) и дробно-локальное применение минеральных удобрений (сокращение единовременно внесенных доз), а также некорневые подкормки агрохимикатами, позволяет получать запланированные уровни урожайности картофеля с высоким качеством продукции при одновременном росте почвенного плодородия и сохранении экологии окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парахин Н.В. Экологическая устойчивость и эффективность растениеводства // Теорет. основы и практ. опыт. – М. : Колос, 2002. – 199 с.
2. Сычев В.Г. Агрохимические средства в адаптивно-ландшафтном земледелии. – М. : ВНИИА, 2006. – 222 с.
3. Федотова Л.С., Давыдов П.В. Влияние дробного внесения удобрений на продуктивность сортов картофеля различных групп спелости // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 3. – С. 24 – 25.
4. Федотова Л.С., Кравченко А.В., Гаврилов А.Н. Значение бактериальных удобрений в биологизированном картофелеводстве // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 28 – 30.

-
5. Федотова Л.С., Кравченко А.В. В изменяющихся климатических условиях нужны новые подходы к возделыванию картофеля // Картофель и овощи. – 2011. – № 2. – С. 20 – 22.
6. Шаповал О.А., Вакуленко В.В., Прусакова Л.Д., Можарова И.П. Регуляторы роста растений в практике сельского хозяйства. – М. : ВНИИА, 2009. – 60 с.
7. Яковлева Л.В. Экологические аспекты известкования дерново-подзолистых почв Северо-Запада России : Автореф. дисс. ...д. с.-х. наук. – Санкт-Петербург – Пушкин, 2009 – 45 с.

УДК 635.21:631.874:631.452

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАТОВ СОВМЕСТНО С МИНЕРАЛЬНЫМИ И БАКТЕРИАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ И ПЛОДОРОДИЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА

© Л.С. Федотова, ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Московская обл.,
Люберецкий район, п. Красково, Россия)

© А.В. Подборонов, ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Московская обл.,
Люберецкий район, п. Красково, Россия)

INFLUENCE GREEN MANURE TOGETHER WITH MINERAL AND BACTERIAL FERTILIZERS ON EFFICIENCY OF A POTATO AND FERTILITY LEACHED CHERNOZEM

© L.S. Fedotova, Russian Research Institute of Potato named after A.G. Lorh
(The Moscow region, Lyuberestky district, Kraskovo, Russia)

© A.V. Podboronov, Russian Research Institute of Potato named after A.G. Lorh
(The Moscow region, Lyuberestky district, Kraskovo, Russia)

В стационарном полевом опыте получены экспериментальные данные (2010 – 2011 гг.), подтверждающие положительное влияние сидератов (гречихи, редьки масличной и вики яровой), минеральных и бактериальных удобрений на продуктивность и качество картофеля, а также плодородие выщелоченного чернозема Центрально-Черноземного региона России.

Ключевые слова: сидераты, минеральные удобрения, бактериальные препараты (азотит и фосфатит), урожайность и качество картофеля, плодородие почвы.

In a stationary field experiment (2010-2011), confirming positive influence of green manure (buckwheat, radish olive and vetch annual), mineral and bacterial fertilizers on efficiency and quality of a potato, and also fertility leached chernozem of Central Black Earth region of Russia are received.

Key words: green manure, mineral fertilizers, bacterial preparations (azotovit and fosfatovit), productivity and quality of a potato, fertility of soil.

E-mail: ldfedotova@gmail.com

Введение. При возделывании картофеля в Центрально-Черноземном регионе России использование сидератов способствует быстрому фитосани-

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАТОВ СОВМЕСТНО С МИНЕРАЛЬНЫМИ...

тарному очищению почвы с одновременным обогащением питательными элементами, что в условиях ухудшающейся экологической ситуации имеет немалое значение для получения экологически чистой продукции. Сочетание микробиологических препаратов (азотовит, фосфатовит) с пониженными дозами минеральных удобрений на фоне запашки гречихи, редьки масличной и вики яровой позволит получать запланированные уровни урожайности картофеля с высоким качеством продукции при одновременном росте почвенного плодородия и снижении антропогенной нагрузки на агроценоз.

Условия, материалы и методы. В 2010 г. на территории ООО “Тамбовсемкартофель” (село Старосеславино Первомайского района Тамбовской области) был заложен полевой стационарный опыт. Сокращенная запись схемы опыта: 3 (сидераты) x 3 (дозы мин. уд.) x 2 (бакт. уд.) x 3 (повторности) – 54 делянки в натуре. Общая площадь делянки составляла 60 м², учетная 40,5 м². Опрыскивание клубней картофеля рабочими растворами бактериальных препаратов Азотовита (*Azotobacter chroococcum*) и Фосфатовита (*Bacillus mucilaginosus*) и их смесью (в дозе 2 л/т) проводили при посадке в сажалке “Hassia” (ЗАО “Колнаг”). Сорт картофеля – Удача (суперэлита).

Фоном питания служили полная доза минеральных удобрений и пониженная в 2 раза: Фон 1 ($N_{90}P_{120}K_{120}$); Фон 1/2 ($N_{45}P_{60}K_{60}$). Срок посадки 28.04.2010 и 01.05.2011 г. Схема посадки – 75 x 30 см.

Севооборот развернут во времени: в 2010 г. проводились исследования на картофеле, предшественником которого были зерновые культуры. Одновременно создавались поля с сидератами: 25.06.10 г. были посеяны две травосмеси: гречиха + вика яровая и редька масличная + вика яровая. Норма высева гречихи – 50 кг/га; норма высева – вики яровой – 50 кг/га; норма высева редьки масличной – 30 кг/га. Доля бобового компонента в травосмеси гречиха + вика яровая составила 50 %; в травосмеси редька масличная + вика яровая – 60 %. После учета биологической массы сидератов методом пробных спонов (10.08.10 г.) было проведено скашивание КИР-1,5 и запашка травосмесей БДМ4-4 (12.08.10 г.).

В 2011 г. на сидеральных парах и опытном поле из-под картофеля был высажен картофель по схеме опыта 2010 года.

Результаты и обсуждение. Почва опытного участка – выщелоченный среднесуглинистый чернозем – хорошо окультурена и характеризовалась высоким содержанием подвижного фосфора и повышенным содержанием обменного калия ($pH_{KCl} = 5,14-5,20$; $Hg = 5,6-6,5$ мг-экв/100г почвы; $S = 29,4-31,0$ мг-экв/100г почвы; $V = 81,9-84,6$ %; $P_2O_5 = 126-206$ мг/кг почвы; $K_2O = 76-100$ мг/кг почвы; гумус – 5,53-5,79 %).

Метеоусловия вегетационного периода 2010 г. были острозасушливыми – бездождный период составил более 90 дней, т.е. практически весь вегетационный сезон. 2010 год был нестабильным по гидротермическим условиям: в мае температура воздуха превышала среднемноголетнее значение на 3,3 °C; в июне установилась засуха – температура воздуха была на 7 °C выше, а количество осадков меньше в 2,9 раза среднемноголетних значений, в июле и августе осадков выпало в два раза выше нормы.

Запашка сидератов и внесение удобрений оказали достоверное положительное влияние на плодородие почвы. Было установлено, что в условиях 2011 г. самый высокий отрицательный баланс фосфора сформировался в звене севооборота картофель – картофель на варианте без удобрений, который составил – 44 мг/кг; запашка комплексного сидерата (гречиха + вика) снизила отрицательный баланс фосфора до – 29 мг/кг, а запашка редьки + вика – до -16 мг/кг почвы. В звене севооборота картофель – картофель на варианте (без удобрений + бактериальные препараты) баланс фосфора оставался отрицательным ($\Delta P_2O_5 = -17$ мг/кг), а в звеньях севооборота с запашкой сидератов на этом варианте баланс фосфора стал положительным – 14-15 мг/кг почвы.

Баланс обменного калия был самым напряженным в звене севооборота картофель – картофель без применения удобрений – $\Delta K_2O = -37$ мг/кг почвы, в звеньях севооборота с запашкой сидератов на вариантах без удобрений баланс калия был менее дефицитным – от -5 до -27 мг/кг. Применение полной дозы минеральных удобрений создавало положительный баланс ($\Delta K_2O = 18$ мг/кг), сочетание полной дозы NPK с бактериальными препаратами приводило к повышению баланса калия во всех звеньях севооборота (ΔK_2O – от +15 до +32 мг/кг).

Половинная доза минеральных удобрений как самостоятельно, так и в сочетании с бактериальными препаратами во всех звеньях севооборота обеспечивала бездефицитный баланс калия (или нулевой), но недостаточный для повышения плодородия почвы.

Во всех вариантах опыта осенью наблюдался отрицательный баланс нитратного азота в почве, при этом на вариантах с обработкой картофеля бактериальными препаратами дефицит нитратного азота сглаживался по сравнению с соответствующими контролями, а в звене севооборота [(редька + вика) – картофель] на вариантах полной и половинной дозы NPK в сочетании с бактериальными препаратами установился положительный баланс этого элемента.

Из трех изучаемых предшественников – наиболее оптимальные параметры плодородия выщелоченного чернозема складывались после запашки редьки масличной + вика. Применение в звене севооборота [(редька + вика) – картофель] перед посадкой картофеля полной и половинной дозы минеральных удобрений в сочетании с обработкой клубней бактериальными препаратами способствовало формированию положительного баланса фосфора ($\Delta P_2O_5 = 69$ и 22 мг/кг), калия ($\Delta K_2O = 32$ и 11 мг/кг) и нитратного азота ($\Delta N-NO_3 = 11$ и 34 мг/кг) в почве. Применение минеральных удобрений без сочетания с бактериальными препаратами в этом звене севооборота создавало не всегда положительные показатели по балансу элементов питания.

Общеизвестно, суммирующим показателем эффективности различных агроприёмов является урожайность возделываемой культуры. В условиях засухи 2010 г. достоверное увеличение массы клубней под влиянием бактериальных препаратов наблюдалось на неудобренном варианте – прибавка составила 4,1 т/га, или 33,9 % к контролю; действие бактериальных удобрений на величину урожая клубней на минеральном фоне не установлено.

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАТОВ СОВМЕСТНО С МИНЕРАЛЬНЫМИ...

В 2011 г. максимальная продуктивность картофеля (от 18,5 до 34,1 т/га) и эффективность минеральных удобрений получена в звене севооборота [(редька масличная + вика) – картофель], при этом эффективность предпосадочной обработки клубней бактериальными препаратами была минимальной – 8,3-15,2 % по сравнению с действием этих агрохимикатов в других звеньях севооборота.

Наиболее ярко действие бактериальных препаратов проявилось в звене севооборота [(гречиха + вика) – картофель], при этом бактериальные препараты хорошо работали как в неудобренной почве (25,9 %), так и на фоне половинной дозы NPK (22,3 %).

Возделывание картофеля в течение двух лет на одном поле ослабило действие минеральных удобрений, особенно полной дозы NPK, эффективность которой составила 38,7 %, в то время как половинной дозы – 32,5 %. При этом урожайность картофеля находилась в относительно низком и узком интервале – от 16,3 до 26,7 т/га. Было установлено, что продуктивность картофеля в звене севооборота картофель – картофель существенно повышалась за счет снижения антропогенной нагрузки (снижения дозы NPK на 50 %) и применения бактериальных препаратов.

Действие факторов на качество клубней картофеля было не одинаковым для звеньев севооборота. В звене севооборота [картофель – картофель] влияние минеральных и бактериальных удобрений на содержание сухого вещества и крахмала не установлено – колебания по вариантам находились в пределах ошибки опыта.

В звене севооборота [(гречиха + вика) – картофель] на контрольном варианте без удобрений картофель имел наихудшие биохимические показатели в целом по всему стационару. Применение как минеральных удобрений, так и бактериальных препаратов в этом звене севооборота положительно влияло на качество клубней, при этом обработка клубней бактериальными препаратами повышала качество продукции как на неудобренном фоне, так и на фоне полной и половинной дозы NPK.

В звене севооборота [(редька + вика) – картофель] качество выращенного картофеля закономерно повышалось на вариантах с предпосадочной обработкой клубней бактериальными препаратами на фоне полной и половинной доз NPK.

Таким образом, в условиях выщелоченного чернозема комплексное применение сидератов, пониженных доз NPK (на 50 %) с обработкой семенного материала бактериальными препаратами является одним из важных условий энергосбережения при одновременном повышении плодородия почв и получении стабильно высоких урожаев картофеля (более 30 т/га) с экологически чистой продукцией.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА
ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РИСА**

© C.B. Кизинек, ФГУП РПЗ “Красноармейский” им. А.И. Майстренко
Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)

© А.Н. Бурунов, ВНИИА РАСХН, генеральный директор
ООО “Стимул” (г. Н. Новгород, Россия)

**THE EFFICIENCY OF APPLICATION OF COMPLEX MINERAL
FERTILIZERS WITH MICROELEMENTS ON MEADOW-
CHERNOZEM SOILS IN THE PROCESS OF RICE CULTIVATING**

© S.V. Kizinyok, FSUE RBP “Krasnoarmeysky” after A.I. Maystrenko,
Russian Academy of Agricultural Sciences (Krasnodar, Russia)

© A.N. Burunov, seeker of All-Russian Scientific Research Institute
of Agrochemistry, Chief Executive Officer of Limited Liability Company
“Stimul” (Nizhny Novgorod, Russia)

В статье представлены результаты действия комплексного минерального удобрения “Мегамикс”, содержащего микроэлементы в своем составе, на продуктивность риса при возделывании его на лугово-черноземных почвах Краснодарского края.

Ключевые слова: рис, почва, микроэлементы, продуктивность.

Some results of the application effect of the complex mineral fertilizer “Megamix” containing microelements on rice productivity during the process of its cultivation on meadow-chernozem soils of the Krasnodar region are discussed in the article.

Key words: rice, soil, microelements, productivity.

Почвы рисовых полей специфичны вследствие существующей технологии возделывания риса. Их специфика определяется, прежде всего, своеобразием почвообразовательного процесса, протекающего в условиях периодического затопления и ее последующего просушивания после сброса воды с чеков. Получение высокого уровня урожайности риса достигается, главным образом, применением комплекса агротехнических и мелиоративных мероприятий. Современная технология возделывания риса позволяет в значительной степени удовлетворять его потребности в питательных веществах и обеспечивать высокую урожайность, но при этом не в полной мере зачитывается влияние антропогенных нагрузок, которые обостряют проблему воспроизводства плодородия почвы. Степень и направленность изменений свойств почвы в полях севооборота зависит от предшественников, уровня их продуктивности, системы применения удобрений и т.д. [1]. В этой связи знание закономерностей изменения показателей плодородия почвы с учетом современного состояния земледелия является актуальным для научно обоснованного принятия решений по регулированию ее плодородия и использованию удобрений.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ...

Рис является одной из важнейших продовольственных культур. Среди зерновых культур, возделываемых на земном шаре, он занимает одно из первых мест в продовольственном балансе многих стран, а по площади возделывания и валовым сборам стоит на втором месте после пшеницы. Рис имеет большое агромелиоративное значение, поскольку с его помощью вовлекаются в сельскохозяйственную эксплуатацию засоленные и заболоченные земли, на которых нельзя возделывать другие культуры. Кроме того, его возделывание приводит к обеззараживанию почвы от возбудителей болезней и вредителей суходольных культур [2]. Для обеспечения процессов жизнедеятельности растений риса и получения его высоких урожаев почва должна быть обеспечена не только легкодоступными соединениями азота, фосфора, калия, но и микроэлементами, способствующими эффективному использованию минеральных удобрений, активизирующими процесс роста и развития риса [2]. Применение микроэлементов, в том числе цинк, сера, магний, кальций, железо, марганец, медь, бор, в технологии возделывания культуры, хотя и должно быть в незначительном количестве, однако регулярно. Большинство этих элементов входят в состав гормонов и других физиологически активных соединений, участвующих в процессах синтеза белков, углеводов, витаминов [3, 7]. Под их влиянием увеличивается содержание хлорофилла в листках, активируются фотосинтетические реакции и повышается фотосинтетический потенциал посевов, повышается стойкость растений к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды. Вместе с повышением интенсивности дыхания и изменением активности ферментов под воздействием микроэлементов происходят сдвиги в азотном обмене в растении [4]. Микроэлементы необходимы на протяжении всего периода вегетации риса. Применение микроэлементов оказывает положительное влияние на озерненность метелки, способствует повышению продуктивной кустистости, массы зерна с растения и 1000 зерен, снижению пустозерности. Но есть критические фазы роста, когда некоторые микроэлементы не могут сыграть большую роль в получении высоких урожаев риса и повышении качества крупы. В целом микроудобрения по степени роста их влияния на урожайность риса на лугово-черноземной почве можно расположить в следующей последовательности $B < Mn < Co < Mo < Zn < Cu$ [7].

Результаты мониторинга плодородия почв агрохимической службы РФ (по состоянию на 01.01.2010 г.) показывают, что нуждаемость пахотных почв страны в микроудобрениях практически по всем их видам проявляется больше, чем на половине площадей пашни, за исключением только борных удобрений, потребность которых установлена примерно на трети площадей пашни. Особенно высока доля почв (более 75 %), требующих применения молибденовых, цинковых и кобальтовых удобрений. В почвах большинства субъектов установлена отрицательная динамика содержания микроэлементов, что свидетельствует об увеличении потребности земледелия в микроудобрениях.

В Краснодарском крае наиболее крупные массивы рисовых оросительных систем расположены в дельте реки Кубань. Площадь под рисовыми системами составляет около 270 тыс. га. В границах дельты наиболее разви-

тыми являются лугово-черноземные почвы – это полугидроморфные аналоги черноземов, богатые темноокрашенным гумусом почвы с почвенно-грунтовыми водами на глубине 3-7 м. Лугово-черноземные почвы сформированы преимущественно на тяжелых аллювиальных отложениях. Высокое содержание в них крупнопылеватых частиц придает им благоприятные водно-физические свойства. По содержанию гумуса в верхнем горизонте эти почвы малогумусные. Его количество в пахотном слое колеблется от 2,5 до 4 % и постепенно снижается вниз по профилю. Рациональное применение агрохимических средств на лугово-черноземных почвах включает те же мероприятия, что и использование черноземов. Однако орошение их требует особенно внимательного подхода [5, 6].

В последнее время разработаны и выпускаются комплексные минеральные удобрения на основе хелатов, что обеспечивает высокую их эффективность и удобство при применении. Одним из таких разработок является жидкое комплексное удобрение “Мегамикс”, производимое ООО “СТИМУЛ” (Нижегородская область), которое характеризуется сбалансированным составом микроэлементов, содержит растворенные в воде: азот, фосфор, калий, магний, марганец, молибден, хром, бор, селен в виде солей; медь, цинк, никель, кобальт, железо в виде хелатов. Удобрение применяется как при предпосевной обработке семян, так и при внекорневой подкормке посевов во время вегетации растений.

Для исследования эффективности применения “Мегамикс” на посевах риса был заложен в ФГУП РПЗ “Красноармейский” им. Майстренко ФГУ ВНИИ риса Россельхозакадемии Краснодарского края полевой опыт на лугово-черноземной почве, характеризующейся средней обеспеченностью подвижными и легкогидролизуемыми формами азота, повышенной – подвижным фосфором и обменным калием, pH водн. – 6,7 (табл. 1).



Рисунок 1 – Вид опытного поля

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ...

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Показатель	Почва лугово-черноземная
Гумус, %	3,14
Азот общий, %	0,31
Азот аммонийный, мг/кг	13,46
Фосфор подвижный, мг/кг	57,2
Калий обменный, мг/кг	265,5
Содержание подвижных форм микроэлементов, мг/кг:	
Бор водорастворимый	0,89
Кобальт	0,91
Молибден	0,27
Медь	4,13
Марганец	47,4
Цинк	0,81

Содержание водорастворимых солей в верхних горизонтах 0,15-0,2 %. Емкость поглощения невысокая – 33,7-35,4 мг-экв./100 г почвы. По содержанию микроэлементов лугово-черноземная почва опытного поля характеризовалась средним уровнем обеспеченности. Исключение составляют медь и цинк, содержание которых в почве низкое. Повторность опыта 4-кратная, размер делянок – 16 м² (4 x 4).

В качестве объекта исследований использовался среднеспелый сорт риса Лиман, как наиболее распространённый на Кубани. Предшественник – паровое поле. Исследовалась эффективность одно- и двукратных обработок препаратом. Применение микроудобрений на чеке целесообразно сочетать с применением химических средств защиты посевов от вредных организмов с целью повышения эффективности их взаимного действия и снижения расходов на применение. Внекорневая подкормка “Мегамикс” в начале кущения дозой 0,2 – 0,4 л/га проводилась с селективным послевсходовым гербицидом Номини, используемым для борьбы со злаковыми, осоковыми и широколистными сорняками на посевах риса. При двукратной обработке вегетирующих растений риса: первая проводилась в фазе кущения, вторая – в фазе формирования метелки. Оптимальные сроки подкормки наступают не раньше смыкания риса. Отметим, что систематическое применение, а значит накопление в почве микроэлементов, обеспечивает повышение биологической активности почвы, способствует мобилизации доступных элементов питания, улучшению водно-физических свойств почвы и созданию благоприятных условий для питания растений риса.

Проведенные в 2011 году исследования выявили антистрессовый эффект препарата “Мегамикс” при действии на растения риса абиотических факторов внешней среды (засуха, повышенные температуры воздуха). Результаты действия удобрения на структуру урожая риса приведены в таблице 2.

Данные эксперимента показывают, что применение микроудобрений в виде “Мегамикс” на оптимальном агрофоне N₁₁₀P₈₀K₆₀ способствовало увеличению продуктивности риса; обеспечило достоверную прибавку урожайности 0,45 и 0,59 т/га, соответственно, что составляет 7 % при однократной обработке и 9 % при двукратной.

Анализ урожайности показывает, что эффективность применения микроудобрений, в первую очередь, зависела от содержания в почве соот-

ветствующего элемента, а уже затем в значительно меньшей степени – от сортовых особенностей риса.

Таблица 2 – Влияние обработок препаратом “Мегамикс – некорневая подкормка” на рост и формирование продуктивности растений риса

Варианты опыта	Высота растений, см	Длина метелки, см	Масса 1000 зерен, г	Пустозерность, %	Урожай, т/га
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₄₀ - Фон	76,0	11,2	26,3	9,3	4,80
Фон + обработка посевов в фазу кущения	78,0	12,6	28,0	8,1	5,25
Фон + обработка посевов в фазу кущения + в фазе формирования метелки	78,8	12,8	28,7	7,9	5,39
НСР05	1,7	1,3	1,6	1,2	0,35

Как одно-, так и двукратная обработка вегетирующих растений риса стимулировала всходы для получения жизнеспособных проростков. Коэффициент продуктивной кустистости на фоне применения обработок увеличился на 0,5. Одной из проблем в рисоводстве является снижение пустозерности. Анализ структуры урожая показывает, что обработка растений риса увеличивает высоту растений, длину метелки, озерность метелки за счет увеличения массы 1000 зерен и снижает количество пустых зерен в метелке. На отношение зерно/солома исследуемый фактор существенного влияния не оказал: на контроле 1:0,81, в вариантах с применением “Мегамикс” 1:0,83 и 1:0,86, соответственно.

Таким образом, проведенные исследования показали, что применение нового комплексного удобрения “Мегамикс” оправдано как с агрономической, так и с экономической точки зрения. Внесение “Мегамикс” оказало влияние на линейные размеры растений риса. В зависимости от способа его применения высота растений превышала контроль. Этот агроприем способствовал повышению энергии и активности прорастания семян. Применение удобрения “Мегамикс” на оптимальном агрофоне способствует достоверному увеличению урожайности риса, которое обусловлено, главным образом, повышением продуктивной кустистости, лучшим наливом зерна и озерненности метелки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян К.М. Некоторые проблемы разработки методики бонитировки почв рисовых полей // Бюл. НТИ ВНИИ риса. – 1986. – Вып. 36. – С. 49 – 53.
2. Алешин Е.П. Минеральное питание риса : Автореф. дисс. ...док. биол. наук. – М., 1966. – 43 с.
3. Отзывчивость риса на микроэлементы / Алешин Е.П., Порохня А.Д., Данилова Т.А. [и др.] // Труды ВИУА. – 1972. – Вып. 53. – С. 203 – 208.
4. Досеева О.А., Шеуджен А.Х. Влияние кобальтовых удобрений на рост и физиологическое состояние растений риса // Бюл. НТИ ВНИИ риса. – 1990. Вып. 39. – С. 38 – 41.
5. Роль анаэробных микроорганизмов в мобилизации железа, марганца и серы, а также в других восстановительных процессах при культуре риса / Дуда В.И., Обухов А.И., Чернова Н.И. [и др.] // Химия почв рисовых полей. – М. : Наука, 1976. – С. 44 – 74.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ...

6. Уханов Ж.У., Хан В.М. Изменение почвенных процессов под влиянием орошения // Бюл. Почв., ин-та им. В.В. Докучаева. – 1976. – Вып. XIV. – С. 9 – 15.
7. Шеуджесен А.Х. Микроэлементы в питании и продуктивности риса в условиях Краснодарского края : Автотез. дисс. ...док. биол. наук. – М., 1992. – 38 с.

УДК 631.82: 631.821

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛЬЦИЙ-СОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА ОПОДЗОЛЕННЫХ И ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ

- © **И.А. Шильников**, ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
(г. Москва, Россия)
- © **Н.И. Аканова**, ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
(г. Москва, Россия)
- © **С.В. Кизинёк**, ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
(г. Москва, Россия)
- © **Г.Е. Гришин**, ФГБОУ ВПО “Пензенская государственная сельскохозяйственная академия” (г. Пенза, Россия)
- © **Н.Ф. Лунина**, ФГБОУ ВПО “Санкт-Петербургский государственный аграрный университет” (г. Санкт-Петербург, Россия)
- © **М.Ю. Локтионов**, ОАО “Минерально-химическая компания “ЕвроХим” (г. Москва, Россия)

THE EFFICIENCY OF APPLICATION OF FERTILIZERS CONTAINING CALCIUM ON PODZOLIZED AND LEACHED CHERNOZEM

- © *I.A. Shilnikov, All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)*
- © *N.I. Akanova, All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)*
- © *S.V. Kizinyok, All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)*
- © *G.E. Grishin, FSBEI HPE Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)*
- © *N.F. Lunina, FSBEI HPE St. Petersburg State Agrarian University (St. Petersburg, Russia)*
- © *M.Yu. Lektionov, Public Corporation “Mineral-Chemical Company “Evrohim” (Moscow, Russia)*

Приведены экспериментальные данные многолетних исследований по эффективности различных форм химических мелиорантов на выщелоченных и оподзоленных черноземах. Исследована динамика кислотно-основных свойств почв, выявлены суммарные потери кальция из пахотного слоя почв.

Ключевые слова: кислотность почв, известковые удобрения, дефекат, урожайность, черноземы, минеральные удобрения.

Some experimental data of long-term researches of the efficiency of different types of chemical ameliorants on podzolized and leached chernozem are given in the article. The dynamics of acid-base soil properties has been studied. The total losses of calcium from topsoil have been stated.

Key words: soil acidity, lime fertilizers, defect, crop yield, chernozem, mineral fertilizers.

Изучению вопросов теории и практики известкования черноземов лесостепной зоны были посвящены работы многих научно-исследовательских учреждений. Известно, что еще в 1901 году изучалось действие дефеката на урожайность сахарной свеклы в опытах сети Всероссийского общества сахарозаводчиков [22]. В дальнейшем, в 1926 – 1927 гг., в сети опытных полей Сахаротреста [5] был выявлен значительный положительный эффект дефекационной грязи при внесении под сахарную свеклу в основном удобрении на пунктах, расположенных в северной и северо-западной частях зоны свеклосеяния. Прибавки урожая свеклы в среднем за 2 года находились в пределах 16-37 ц/га. В средней и южной частях зоны свеклосеяния они были неустойчивыми.

В длительном полевом опыте Тамбовской сельскохозяйственной опытной станции на выщелоченном черноземе проявилось положительное действие известняковой муки на урожай всех сельскохозяйственных культур, кроме гороха, очень высокий эффект от внесения извести по фону умеренной дозы минеральных удобрений получен на 6-й год при выращивании ячменя (табл. 1).

Таблица 1 – Прибавки урожаев сельскохозяйственных культур в зависимости от доз известковых и минеральных удобрений (выщелоченный чернозем)

Культуры	Годы	Дозы минеральных удобрений, кг/га	Урожай по вариантам без извести, ц/га	Дозы CaCO ₃ по гидролитической кислотности				
				0,5	1,0	1,5	2,0	
				прибавка, ц/га				
Биколос	1980	1	без удобрений	62,1	1,6	2,7	8,8	-0,2
			N40 P30 K30	52,2	4,8	8,5	2,1	3,3
			N80 P60 K60	58,4	0,1	1,6	1,8	-0,1
	1981	2	без удобрений	13,1	1,4	1,6	1,4	0,4
			удобрений	14,6	0,6	1,8	1,9	-0,1
			N60 P40 K40	14,6	-1,1	0,1	0,3	-0,6
Яровая пшеница	1982	3	без удобрений	12,1	-0,3	-0,4	-1,5	-0,8
			удобрений	13,1	-1,2	-0,3	-1,7	-0,8
			N0 P60 K40	12,9	-0,1	-0,5	-1,1	-0,9
	1983	4	без удобрений	17,8	3,8	4,2	2,5	2,2
			удобрений	22,9	1,6	1,1	3,1	1,6
			N40 P30 K30	22,5	-1,4	-1,3	0,6	-3,1
Горох	1984	5	без удобрений	240,0	20,0	35,0	35,0	35,0
			удобрений	310,0	10,0	10,0	0,0	10,0
			N60 P30 K60	320,0	10,0	30,0	20,0	0,0
	1985	6	без удобрений	34,8	1,1	0,6	2,9	7,5
			удобрений	37,8	4,2	9,4	8,9	10,1
			N40 P40 K30	45,2	1,6	1,4	4,4	4,2

Примечание. 1980 г. Р – 5,5 % и НСР₀₅ – 9,8 ц/га; 1981 г. – 3,6 и 1,6; 1982 г. – 5,5 и 1,9; 1983 г. – 3,0 и 2,1; 1984 г. – 3,8 и 34,0; 1985 г. – 2,2 и 2,9, соответственно.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛЬЦИЙ...

Анализ результатов полевого опыта в целом за севооборот показал, что наибольший эффект проявился при внесении дозы извести, соответствующей 1,0 г.к., независимо от доз применяемых удобрений. Взаимодействие известкования с применением удобрений было слабо отрицательным [4], как это обычно и бывает на почвах со слабой степенью кислотности (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние извести и минеральных удобрений на продуктивность зернопропашного севооборота в условиях выщелоченного чернозема

Варианты опыта	Среднегодовой урожай, ц/га з.е.	Прибавки, ц/га з.е.			
		к контролю	от извести	от NPK	взаимодействие
1. (NPK)0 Ca0	27,8	–	–	–	–
2. (NPK)0 Ca0,5	29,6	1,8	1,8	–	–
3. (NPK)0 Ca1,0	30,1	2,3	2,3	–	–
4. (NPK)0 Ca1,5	30,4	2,6	2,6	–	–
5. (NPK)0 Ca2,0	29,7	1,9	1,9	–	–
6. (NPK)1 Ca0	31,7	3,9	–	3,9	–
7. (NPK)1 Ca0,5	33,3	5,5	1,6	3,7	-0,2
8. (NPK)1 Ca1,0	35,4	7,6	3,7	5,3	1,4
9. (NPK)1 Ca1,5	34,2	6,4	2,5	3,8	-0,1
10. (NPK)1 Ca2,0	33,5	5,7	1,8	3,8	-0,1
11. (NPK)2 Ca0	32,9	5,1	–	5,1	–
12. (NPK)2 Ca0,5	34,3	6,5	1,4	4,7	-0,4
13. (NPK)2 Ca1,0	35,1	7,3	2,2	5,0	-0,1
14. (NPK)2 Ca1,5	34,5	6,7	1,6	4,1	-1,0
15. (NPK)2 Ca2,0	33,2	5,4	0,3	3,5	-1,6

По данным научных учреждений и производственного опыта Башкирии (1970 – 1978 гг.) известкование оподзоленных черноземов (в среднем по 4-5 т/га CaCO_3) повышало в 1-й год урожай зерна озимой ржи и яровой пшеницы на 2-3 ц/га, зеленой массы кукурузы – на 30-45, корней кормовой свеклы – на 35-40 ц/га. На 2-й год прибавки урожая яровой пшеницы составили 1,8-3 ц/га, овса – 3-4 ц/га. В опыте Башкирской республиканской станции химизации (1971 – 1975 гг.) на оподзоленном черноземе известкование дозой 3,2 т/га CaCO_3 обеспечило прибавки урожая гороха – 2,4 ц/га, яровой пшеницы – 2,0, овса – 7,2 ц/га (1981 г.). Однако не всегда внесение известковых материалов на кислых черноземах сопровождается повышением урожая сельскохозяйственных культур. По данным Орлова и Князевой (1980) [21], известкование выщелоченных черноземов не сказалось положительно на урожайности гороха, овса и гречихи. Авторы отмечают, что известкование снижало степень подвижности фосфатов почвы и ухудшало фосфорное питание растений. В опытах В.И. Бровкина (1985) известкование дозой по 0,5 г. к. (6 т/га CaCO_3) уменьшило кислотность выщелоченного чернозема, увеличило сумму поглощенных оснований, но не повысило урожайность яровой пшеницы, ячменя, гороха, зеленой массы кукурузы и не повлияло на эффективность минеральных удобрений [6].

В Мордовии в различные годы проводились исследования с применением различных форм известковых удобрений на выщелоченных и оподзоленных черноземах. Материалы опытов показали эффективность известкования черноземов, имеющих гидролитическую кислотность выше 5-6 мг-экв/100 г почвы и рНКС1 ниже 5,5. Однако действие извести в проведен-

ных опытах учитывалось на одной или двух культурах, не было организовано наблюдений за изменением агрохимических свойств почвы, не всегда рассчитывалась экономическая эффективность этого приема. Известкование среднекислого выщелоченного чернозема без применения минеральных удобрений было малоэффективно. Сочетание известкования с ежегодным внесением полного минерального удобрения в умеренных дозах обеспечивало прибавку урожая 5-6 ц/га к.е. в год [12].

В полевом опыте Мордовской опытной станции на разных фонах минеральных удобрений среднегодовая прибавка урожая сельскохозяйственных культур за 9 лет от известкования выщелоченного чернозема колебалась в пределах 1,2-3,0 ц/га зерновых единиц [1, 12]. При этом не отмечено отчетливой разницы между прибавками по дозам известняковой муки (табл. 3). На долю химической мелиорации в суммарном повышении продуктивности севооборота приходилось 7-18 %, в то время как на применение удобрений – 82-93 %, что объясняется возделыванием в севообороте культур, устойчивых к избыточной кислотности почвы.

Таблица 3 – Влияние систематического применения удобрений и известкования на продуктивность севооборота, ц/га к.е.

Варианты опыта	В сумме за 9 лет			За год	
	всего	в том числе		всего	в т.ч. CaCO ₃
		от NPK	от CaCO ₃		
Без удобрений и известки	239,1	–	–	26,6	–
N530P560K370 ? Фон 1*	341,7	102,6	–	37,9	–
Фон 1 + CaCO ₃ по 0,5 г.к.	355,4	–	13,7	39,5	1,6
Фон 1 + CaCO ₃ по 1,0 г.к.	357,6	–	15,9	39,7	1,8
Фон 1 + CaCO ₃ по 1,5 г.к.	364,9	–	23,2	40,5	2,6
N990P1170K800 ? Фон 2*	388,9	149,8	–	43,2	–
Фон 2 + CaCO ₃ по 0,5 г.к.	415,9	–	27,0	46,2	3,0
Фон 2 + CaCO ₃ по 1,0 г.к.	399,5	–	10,6	44,4	1,2
Фон 2 + CaCO ₃ по 1,5 г.к.	408,9	–	21,0	45,5	2,3
HCP _{0,5} , ц/га	165				

*В сумме за 9 лет.

Результаты 12-летнего полевого опыта в Татарстане показали, что окучаемость 1 т CaCO₃ прибавкой урожая составляет (ц/га з.е.): на неудобренном фоне – 0,73-0,81; на фоне умеренных доз минеральных удобрений – 0,35-0,81; на фоне повышенных доз – 0,41-0,85 [16]. По результатам опыта (табл. 4) прибавки урожая от известкования существенно не зависели от фона, но возрастали до дозы CaCO₃ = 7,8 т/га и были существенными вплоть до дозы, соответствующей полной по гидролитической кислотности. Максимальная среднегодовая прибавка урожая получена при сочетании известкования с удобрениями – 15,2-18,4 ц/га з.е.

Исследование эффективности повторного известкования в полевом опыте в течение 5 лет показало, что среднегодовая прибавка урожая составила 3,9 ц/га з.е. (от 2,3 до 5,1). Повторное известкование выщелоченного чернозема проводилось на половине делянок с различной степенью кислотности почвы (рН = 5,2-5,9), полученной при основном известковании с целью достижения оптимального уровня физико-химических свойств по-

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛЬЦИЙ...

чвы ($\text{pH} = 5,8\text{-}6,0$; $\text{Нг} = 2,0\text{-}2,5 \text{ мэkv}/100 \text{ г почвы}$, $V = 92\text{-}95 \%$; дозы извести – от 1,1 до 9,4 т/га CaCO_3).

Таблица 4 – Влияние удобрений и известкования выщелоченного чернозема на продуктивность севооборота (1989 – 2000 гг.)

Доза	NPK (средняя), кг/га	Среднегодовая продуктивность, ц/га з.е.	Среднегодовая прибавка (ц/га з.е.) от:		
			извести	NPK	Извести + NPK
Без удобрений	0	24,5	–	–	–
	2,6	26,4	1,9	–	–
	5,2	28,7	4,2	–	–
$\text{N}_{66}\text{P}_{52}\text{K}_{75}$	0	34,2	–	9,7	–
	2,6	35,1	0,9	–	10,6
	5,2	38,4	4,2	–	13,9
	7,8	39,8	5,6	–	15,3
	10,4	39,7	5,5	–	15,2
$\text{N}_{100}\text{P}_{120}\text{K}_{126}$	0	37,8	–	13,3	–
	2,6	39,8	2,0	–	15,3
	5,2	42,2	4,4	–	17,7
	7,8	42,9	5,1	–	18,4
	10,4	42,1	4,3	–	17,6

Приведенные в таблице 5 данные показали, что при повторном известковании на неудобренной почве среднегодовая продуктивность культур составила 24,8-27,3 ц/га з.е., а прибавка урожая от повторного известкования – 3,6-4,9 ц/га з.е. На фоне $\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ в сочетании с известкованием продуктивность севооборота достигла 36,6-37,3 ц/га з.е., в т. ч. повторное известкование повысило урожай на 2,3-4,9 ц/га з.е. Повторное известкование в сочетании с $\text{N}_{66}\text{P}_{77}\text{K}_{93}$ обеспечило среднегодовую продуктивность севооборота на уровне 40 ц/га з.е. Среднегодовые прибавки урожая при повторном известковании снижались по мере уменьшения исходной кислотности и доз извести [16].

Таблица 5 – Влияние повторного известкования выщелоченного чернозема и минеральных удобрений на продуктивность севооборота (1996 – 2000 гг.)

Доза		Среднегодовая продуктивность, ц/га		Среднегодовая прибавка урожая от повторного известкования		общая, ц/га з.е.
NPK (средняя), кг/га	CaCO ₃ – известкование				на 1 т CaCO_3 , ц.з.е.	
	основное 1996 г.	повторное 1996 г.	основное	повторное		
Без удобрений	0	5,8	20,7	24,8	4,1	0,71
	2,6	4,0	22,4	27,3	4,9	1,22
	5,2	2,4	23,8	27,4	3,6	1,50
$\text{N}_{30}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$ – фон 1	0	6,6	30,1	34,6	4,5	0,68
	2,6	5,5	31,7	36,6	4,9	0,90
	5,2	3,6	32,9	36,8	3,9	1,08
	7,8	2,2	34,0	37,8	3,3	1,50
	10,4	1,1	34,3	36,6	2,3	2,09
$\text{N}_{66}\text{P}_{77}\text{K}_{93}$ – фон 2	0	9,4	33,1	37,6	4,5	0,48
	2,6	7,4	34,6	39,7	5,1	0,69
	5,2	4,0	36,3	40,5	4,2	1,05
	7,8	2,6	37,9	41,3	3,4	1,31
	10,4	1,8	37,3	39,7	2,4	1,33

Обобщение результатов полевых опытов, проведенных С.М. Надежкиным, Т.Б. Лебедевой, Е.В. Надежкиной (2005), показало, что наибольший эф-

фект от известкования черноземов выщелоченных зафиксирован в севооборотах зернотравяном и зернопропашном с многолетними бобовыми травами (табл. 6) [17]. Наибольшая прибавка урожая от извести получена на фоне 2NPK.

Таблица 6 – Эффективность известкования черноземов выщелоченных, оподзоленных и типичных в севооборотах различного вида, т/га з.е.

Вариант	С ₀	С _{0,5}	Разница в урожайности	HCP _{0,5}
Зернопропашной				
Без удобрений (6)*	3,08	3,18	+0,10	F ₀ < F _{0,5}
N ₁ P ₁ K ₁ (7)	3,37	3,59	+0,22	0,21
N ₂ P ₂ K ₂ (5)	3,69	4,08	+0,39	0,28
Навоз (5)	3,42	3,61	+0,19	F ₀ < F _{0,5}
Зернотравяно-пропашной				
Без удобрений (7)	3,25	3,37	+0,12	F ₀ < F _{0,5}
N ₁ P ₁ K ₁ (5)	3,59	3,86	+0,27	0,25
N ₂ P ₂ K ₂ (9)	3,84	4,26	+0,42	0,36
Навоз (4)	3,62	3,86	+0,24	F ₀ < F _{0,5}
Зернотравяной				
Без удобрений (4)	3,13	3,26	+0,13	F ₀ < F _{0,5}
N ₁ P ₁ K ₁ (7)	3,41	3,72	+0,31	0,29
N ₂ P ₂ K ₂ (5)	3,57	4,05	+0,48	0,35
Навоз (4)	3,36	3,55	+0,19	F ₀ < F _{0,5}
Зернотравяно-пашней				
Без удобрений (4)	3,04	3,16	+0,12	F ₀ < F _{0,5}
N ₁ P ₁ K ₁ (4)	3,28	3,61	+0,33	0,28
N ₂ P ₂ K ₂ (3)	3,52	3,97	+0,45	0,35

*Примечание. В скобках – количество опыто-лет. Дозы удобрений (на 1 га севооборотной пашни): N₁P₁K₁ – N₄₅₋₆₀P₄₀₋₆₀K₄₀₋₆₀; N₂P₂K₂ – N₉₀₋₁₅₀P₈₀₋₁₂₀K₈₀₋₁₈₀; навоз – 5-12 т/га севооборотной пашни в год.

В полевом опыте, проведенном на выщелоченном черноземе в Тамбовской области, применение дефеката в дозе 16,2 т/га в течение 3-х лет обеспечило (табл. 7) равноценную его эффективность по влиянию на урожай озимой пшеницы в сравнении с минеральными удобрениями и навозом [26].

Таблица 7 – Действие органических, минеральных удобрений и дефеката на урожайность озимой пшеницы

Варианты опыта	Урожайность, ц/га			Среднее за 3 года	Прибавка к контролю ц/га	%
	2001 г.	2002 г.	2003 г.			
Контроль	38,3	31,7	36,2	35,4	–	–
N ₆₀	48,4	44,1	46,2	46,6	11,2	31,6
P ₆₀	39,7	36,9	38,3	38,5	3,1	8,7
K ₆₀	38,3	35,1	36,7	37,1	1,7	4,8
N ₆₀ P ₆₀	48,6	44,8	46,7	46,9	11,5	32,5
N ₆₀ K ₆₀	48,6	43,8	46,2	46,7	11,3	31,9
P ₆₀ K ₆₀	41,0	35,5	38,3	38,9	3,5	8,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	49,1	49,5	49,3	50	14,6	41,4
Навоз 20т/га	52,4	51,7	52,1	51,7	16,1	46,2
Дефекат 16,2т/га	53,5	52,8	53,1	53,4	18,9	53,6
HCP _{0,5}	3,9	2,7	2,0			

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛЬЦИЙ...

Результаты полевого опыта, проведенного на черноземе обыкновенном Саратовского Правобережья С.В. Пенкиной (2004), выявили высокую эффективность не только дефеката, но и известняковой муки на яровом ячмене (табл. 8) [23]. На фоне $N_{40}P_{70}K_{60}$ действие дефеката в дозах 1,0-2,0 Нг было также достоверным, хотя и менее выраженным по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 8 – Влияние мелиорантов на урожай ячменя и содержание белка в зерне на черноземе обыкновенном (среднее за 3 года)

Варианты опыта	Урожай	Прибавки	Прибавки от мелиоранта	Белок	Жир
	зерно, т/га			% на абсолютно-сухое вещество	
Контроль (Без удобр.)	1,29	–	–	10,4	2,18
Дефекат 0,5 Нг	1,43	0,14	0,14	10,6	2,21
Дефекат 1,0 Нг	1,50	0,21	0,21	10,9	2,26
Дефекат 1,5 Нг	1,74	0,45	0,45	10,9	2,29
Дефекат 2,0 Нг	2,00	0,71	0,71	11,5	2,32
Известь 1,5 Нг	1,72	0,43	0,43	10,8	2,27
Известь 2,0 Нг	2,08	0,79	0,79	11,1	2,29
NPK	2,15	0,86	–	11,8	2,36
NPK+дефекат 0,5 Нг	2,24	0,95	0,09	11,9	2,38
NPK+дефекат 1,0 Нг	2,30	1,01	0,15	11,9	2,42
NPK+дефекат 1,5 Нг	2,41	1,12	0,26	12,3	2,45
NPK+дефекат 2,0 Нг	2,56	1,27	0,41	12,4	2,40

По данным длительных исследований качества урожая Г.Е. Гришина (2001) в условиях выщелоченного чернозема известкование оказалось слабое положительное действие на содержание сырого белка и клейковины в зерне озимой пшеницы: максимальное увеличение составило, соответственно, 0,4 и 1,8 % [10]. Известкование чернозема повысило качество зерна ячменя, увеличив содержание перевариваемого протеина на 2,1 г/кг, а также кормовые достоинства зеленой массы многолетних трав. Изменения химического состава культур при известковании отмечены увеличением содержания в зерне растений азота и кальция, но не отразились на содержании калия и фосфора.

Возделывание риса связано с длительным затоплением почвы в течение 4-5 месяцев, которое создает в ней восстановленные условия. Вследствие изменения окислительно-восстановительного режима меняется направленность биологических, химических и физико-химических процессов. Частное следствие этого – высокая агрономическая эффективность кальций-содержащих соединений и большие потери кальция из почвы. В полевом опыте Н.М. Кремзина (1990) прибавка урожая риса при внесении фосфогипса составила от 5,2 до 7,0 ц/га, а среднегодовые потери Са из почвы – от 525 до 750 кг/га (табл. 9) [13].

Таблица 9 – Влияние фосфогипса на урожай риса и средние потери Са из солонцовой почвы (Кремзин, 1990)

Варианты опыта	Урожай, ц/га	Прибавка от фосфогипса, ц/га	Среднегодовые потери Са, кг/га
Без удобрений	34,6	–	525–750
Фосфогипс	39,8	5,2	
$N_{180}K_{90}$	48,0	–	
$N_{180}K_{90}$ + фосфогипс	55,0	7,0	

В полевом опыте Краснодарского НИИСХ на лугово-черноземной почве при внесении известняковой муки урожай риса повысился на 3,2-8,2 ц/га, а при внесении гашеной извести прибавка урожая достигала 17,6-18,6 ц/га (табл. 10). Среднегодовые потери кальция в пересчете на CaCO_3 (т/га) были близки к тонне CaCO_3 [22]. Результаты исследований показали, что столь высокая эффективность химических мелиорантов связана с улучшением азотного и фосфорного питания растений. Данные показывают, что для зоны рисосеяния в условиях специфической технологии выращивания риса требуется разработка баланса кальция, определение доз и периодичности внесения различных форм известковых удобрений.

Таблица 10 – Влияние известковых материалов на продуктивность риса

Варианты опыта (дозы CaO , т/га)		Урожай, ц/га	Прибавка, ц/га	Среднегодовые потери Ca из почвы
Контроль		52,4	–	
Известняк	0,5	52,0	–	0,5 т/га CaO или 0,9 т/га CaCO_3
	1,0	55,8	3,4	
	1,5	60,6	8,2	
	0,5	59,4	7,0	
Гашеная изесть	1,0	70,0	17,6	
	1,5	71,0	18,6	

В отношении ненасыщенных основаниями выщелоченных и оподзоленных черноземов важнейшим фактором эффективности известкования становится его косвенное влияние на улучшение азотного питания растений [10, 17]. Например, в опыте К.К. Лазарева (2001) на выщелоченном черноземе от применения доломитовой муки количество нитратного азота возрастало на 29,8 %, обменного аммония – на 23,1 % [14]. При повышении pH на 0,1 содержание нитратного азота в пахотном слое увеличивалось на 0,06 мг/кг почвы. Зависимость между содержанием нитратного азота и показателями, характеризующими кислотность почвы, описывалась следующими уравнениями регрессии: $\text{N-NO}_3 = 3,98 - 0,220 \text{ Hg}$; $\text{N-NO}_3 = -0,446 + 0,572 \text{ pH}$.

Изучение в модельном полевом опыте азотного режима выщелоченного чернозема в зависимости от pH показало, что с ростом кислотности содержание нитратного азота снижалось в 5,5 раз, аммонийного – повышалось в 3,5 раза; общее содержание минерального азота снизилось в 1,4 раза. Повышение кислотности (табл. 11) сопровождалось также увеличением содержания водорастворимого гумуса [4].

Таблица 11 – Влияние pH на азотный режим выщелоченного чернозема

Показатель, мг/кг	R	pH _{KCl}						
		3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
N-NO_3	0,91	11,0	19,2	27,4	35,6	43,8	52,0	60,2
N-NH_4	-0,77	34,9	30,8	26,6	22,4	18,2	14,0	9,9
Гумус водорастворимый	0,94	34,0	29,6	26,6	25,1	25,2	26,7	29,7

Реакция среды выщелоченного чернозема оказывает существенное влияние на фосфатный режим почвы (табл. 12). Резко изменяется групповой со-

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛЬЦИЙ...

став фосфатов, в котором увеличивается количество соединений фосфора с алюминием и железом при повышении кислотности. Содержание водорастворимых фосфатов существенно не изменялось. В кислой среде группа фосфатов, характеризующая фактор ёмкости фосфатного режима, значительно сокращалась, а группа, характеризующая фактор интенсивности, возрастала.

Таблица 12 – Фосфатный режим выщелоченного чернозема в зависимости от pH

Показатели	pH _{KCl}						
	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Al-P, мг/100 г	14,5	14,0	13,4	12,8	12,3	11,7	11,1
Fe-P, мг/100 г	22,3	19,5	16,1	12,8	9,8	6,9	4,2
Ca-P, мг/100 г	11,8	13,2	13,8	13,5	12,5	10,8	8,2
Водорастворимый РО ₄ , мг/100 г	0,34	0,33	0,33	0,32	0,31	0,29	0,29
РО ₄ по Чирикову, мг/100 г	3,9	6,8	9,4	10,1	10,4	10,1	8,7
РО ₄ в 0,02 н CaCl ₂ , мг/л	1,36	1,33	1,29	1,22	1,14	1,04	0,93

Данные многих полевых опытов показали, что черноземы отличаются слабой устойчивостью к подкислению среды в них и значительными потерями кальция. Результаты длительного полевого опыта Украинского НИИ почвоведения и агрохимии за 6 лет показали, что величина pH в пахотном слое оподзоленного чернозема на неудобренном варианте снизилась с 5,2 до 4,8, а на фоне NPK₁₂₀ – до 4,6. Величина гидролитической кислотности повысилась, соответственно, на 0,2 и 1,3 мэkv/100 г почвы. Содержание поглощенного кальция уменьшилось на 4,3 мэkv/100 г, что соответствует ежегодной его потере в 430 кг/га (в пересчете на CaCO₃ – 1,2 т/га). Большие потери кальция (около 1 т/га в пересчете на CaCO₃ ежегодно) установлены и в полевом опыте на типичном черноземе. При этом величина pH понизилась на 0,7, а гидролитическая кислотность возросла на 1,4 мэkv на 100 г почвы [19].

По данным С.Д. Лицукова (2011), в Белгородской области за 19 лет площадь почв с кислой реакцией среды возросла с 22,8 до 36,3 % [15]. О.Г. Чуюн (2010) по собственной методике проведены расчеты среднегодовых потерь оснований из пахотного слоя почв ЦЧЗ [25]. В зависимости от кислотности почв размеры естественных ежегодных потерь оснований из серых лесных почв и черноземов варьировали, соответственно, в пределах 190-380 и 60-380 кг/га CaCO₃.

В длительном полевом опыте на черноземе обыкновенном Каменной степи (pH = 6,0; Нг = 1,67 мэkv/100 г почвы; V = 96 %) потери кальция из почвы, рассчитанные по изменению содержания обменного кальция, составили в среднем за год 540 кг/га [24]. Следует отметить, что положительное действие известкования на сахарной свекле в опыте (табл. 13) проявилось при показателях физико-химических свойств, которые, по имеющимся представлениям, характеризуют отсутствие потребности в химической мелиорации.

В полевом опыте С.П. Ванюшина на тяжелосуглинистом выщелоченном черноземе в зернопропашном севообороте на контрольном варианте гидролитическая кислотность за 5 лет повысилась на 0,4 мэkv/100 г почвы, что равноценно среднегодовой потере CaCO₃ в 150 кг/га [7].

Таблица 13 – Потери CaCO_3 из пахотного слоя чернозема обыкновенного в условиях известкования

Варианты опыта	Содержание обменного Са	Изменение за 7 лет	Внесено CaCO_3	Обнаружено в почве	Потери за 7 лет	Потери за год
	мэkv/100 г почвы			t/га		
NPK	26,6	–	–	–		
NPK + CaCO_3	27,4	+0,8	5,0	1,2	3,8	0,54
NPK + навоз	27,0	–	–	–		
NPK + навоз + CaCO_3	27,8	+0,8	5,0	1,2	3,8	0,54

В полевом опыте Шатиловской опытной станции исследовано влияние сочетания доз извести и минеральных удобрений на кислотность и содержание поглощенных Са и Mg в выщелоченном тяжелосуглинистом черноземе в течение 15-ти лет [20]. По данным (табл. 14) действие на величину pH не только половинной и полной, но и даже двойной дозы за 15 лет полностью исчерпалось. Минеральные удобрения снизили величину pH на 0,4-0,6 ед. Содержание кальция в почве на фоне NPK при известковании было выше лишь на 2-3 мэkv/100 г почвы, что свидетельствует о потере 70-80 % внесенного с известковыми материалами элемента.

Таблица 14 – Влияние минеральных удобрений и известкования на агрохимические показатели выщелоченного чернозема (полевые опыты 1982 – 1996 гг.)

Вариант	pH _{KCl}	CaO	MgO	Hg	Ca ²⁺	Mg ²⁺
	мг/г (0,1 н HCl)	мэkv/100 г почвы				
После 4-й ротации севооборота						
Без удобрений (контроль)	5,3	4870	2810	5,00	30,7	6,2
Известь по 0,5 г.к.	5,3	5270	3060	4,94	31,7	6,6
Известь по 1,0 г.к.	5,3	5300	3140	4,72	32,5	6,2
Известь по 2,0 г.к.	5,4	5540	3390	3,18	35,0	7,2
1NPK	4,9	4690	2780	5,89	30,2	6,3
Известь по 0,5 г.к. + 1NPK	4,9	5080	3030	5,51	30,8	7,2
Известь по 1,0 г.к. + 1NPK	4,9	5120	3110	5,39	31,2	7,1
Известь по 2,0 г.к. + 1NPK	5,0	5430	3370	5,32	32,5	7,5
2NPK	4,7	4530	2770	6,15	29,7	6,8
Известь по 0,5 г.к. + 2NPK	4,7	5050	3010	6,10	30,5	7,3
Известь по 1,0 г.к. + 2NPK	4,8	5100	3100	6,00	31,7	7,6
Известь по 2,0 г.к. + 2NPK	4,9	5330	3260	5,85	33,2	7,8

Учитывая накопившийся, особенно в последние годы, экспериментальный материал, целесообразность химической мелиорации ненасыщенных основаниями оподзоленных и выщелоченных черноземов следует признать оправданной с агрономической и экологической позиций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахчеван В.В. Цементная пыль – удобрение // Земля родная. – 1975. – № 8. – С. 43 – 44.
2. Бесков И.Х. Дефекационную грязь на свекловичное поле // Сахарная свекла. – 1962. – № 8. – С. 10 – 12.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛЬЦИЙ...

3. Бесков И.Х. Использование известковых отходов промышленности для повышения плодородия черноземных почв // Химия в сельском хозяйстве. – 1966. – № 1. – С. 5 – 10.
4. Богомазов Н.П. Эффективность сочетания минеральных удобрений с известкованием на черноземе выщелоченном : Автoref. дисс. ...канд. с.-х. наук. – М., 1988. – 20 с.
5. Бровкина Е.А. Известкование почвы в свекловичном севообороте // Вопросы агротехники сахарной свеклы. – Киев, 1959. – С. 93 – 110.
6. Бровкин В.И. Применение извести и фосфоритной муки на черноземах северной лесостепи // Химия в сельском хозяйстве. – М., 1985. – № 5. – С. 1 – 12.
7. Ванюшин С.П. Эффективность удобрений на выщелоченных черноземах лесостепи Среднего Поволжья // Авт. дисс. ...канд. с.-х. наук. – СПб., 2002. – 21 с.
8. Гнатовская А.И. Известкование в свекловичном севообороте // Удобрение в районах свекловичного полеводства. – Киев, 1936.
9. Григоров А. Зачем мы известкуем черноземы? // Сельское хозяйство России. – 1981. – № 9. – С. 37 – 38.
10. Гришин Г.Е. Агробиологические основы системы удобрения и известкования выщелоченных черноземов лесостепи среднего Поволжья : Автoref. дисс. ...докт. с.-х. наук. – М., 2001. – 48 с.
11. Ефремов В.В. Раскисление почв Черноземья // Сельские зори. – 1980. – № 8. – С. 24 – 25.
12. Ивойлов А.В. Влияние известкования и минеральных удобрений на продуктивность зернопропашного севооборота и плодородие выщелоченного чернозема : Автoref. дисс. ...канд. с.-х. наук. – М., 1988. – 20 с.
13. Кремзин Н.М. Удобрение и химическая мелиорация кислых почв Кубани, используемых под рис : Автoref. дисс. ...канд. с.-х. наук. – М., 1990. – 22 с.
14. Лазарев К.К. Влияние известкования и удобрений на азотный режим чернозема выщелоченного, урожай и качество зерна яровой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья : Автoref. дисс. ...канд. с.-х. наук. – М., 2001. – 20 с.
15. Лицуков С.Д. Эколого-агрохимические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур в ЦУР : Автoref. дисс. ...канд. с.-х. наук. – Воронеж. – 2011. – 43 с.
16. Ломако Е.И., Алиев Ш.А. Известкование почв Республики Татарстан. – Казань : Центр инновационных технологий, 2004. – 272 с.
17. Надежкин С.М., Лебедева Т.Б., Надежкина Е.В. Экологические аспекты известкования черноземов. – М. : Агроконсалт, 2005. – 276 с.
18. Научные основы применения удобрений в Башкирской АССР. – Уфа : Башкирское кн. изд-во, 1981. – 128 с.
19. Носко Б.С., Кучир Н.А., Раздайбеда В.Г. Моделирование агрохимических свойств почв // Бюлл. ВИУА. – М., 1988. – № 90. – С. 3 – 14.
20. Небытов В.Г. Влияние известкования на агрохимические показатели чернозема выщелоченного, урожайность культур в севообороте при применении минеральных удобрений // Агрохимия. – М., 2004. – № 9. – С. 48 – 55.
21. Орлов В.П., Князева Л.Д. Влияние снижения кислотности выщелоченного чернозема на подвижность фосфора в почве и урожай растений // Агрохимия. – 1980. – № 1. – С. 35 – 38.

22. Паращенко В.Н. Продуктивность и минеральное питание риса при внесении в почву различных соединений кальция : Автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук. – М., 1986. – 17 с.
23. Пенкина С.В. Влияние мелиорантов и минеральных удобрений на продуктивность ярового ячменя на черноземе обыкновенном Саратовского Правобережья : Автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук. – Саратов, 2004. – 20 с.
24. Супрун С.В. Влияние антропогенных факторов на плодородие почвы, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы // Автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук. – М., 2008. – 25 с.
25. Чуян О.Г. Формирование физико-химических свойств пахотных почв лесостепи Центрального Черноземья и пути их регулирования // Автореф. дисс. ...докт. с.-х. наук. – Воронеж, 2010. – 42 с.
26. Юмашев Н.П. Приемы повышения эффективности удобрений на черноземных почвах ЦЧЗ : Автореф. дисс. ...докт. с.-х. наук. – М., 2011. – 38 с.
27. Якушкин И.В. Известковые удобрения в свекловичной культуре // Известкование почв в связи с применением удобрений. – М., 1919. – С. 18 – 28.

УДК 631.82: 631.821

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ
ФОРМ И СРОКОВ ВНЕСЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ**

© **Н.А. Зеленов**, ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова
(г. Москва, Россия)

**AGRO-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF APPLICATION OF VARIOUS
TYPES AND TERMS OF APPLYING CHEMICAL AMELIORANTS
AND ITS INFLUENCE ON THE EFFICIENCY
AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOL OILS**

© **N.A. Zelenov**, All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry
after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)

Установлены закономерности изменения кислотно-основных свойств дерново-подзолистых почв в условиях применения известняковой муки и metallurgical slag. Показано, что использование шлака агрономически эффективно и экологически безопасно.

Ключевые слова: известковые удобрения, metallurgical slag, кислотность почв, урожайность, тяжелые металлы.

The mechanism of acid-base properties change of sod-podzol soils applying limestone powder and metallurgical slag has been developed. The slag application is agronomically efficient and ecologically safe.

Key words: lime fertilizers, metallurgical slag, soil acidity, heavy metals.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ...

В настоящее время при резком сокращении масштабов известкования (в 2006 г. было произвестковано 350 тыс. га при необходимых 7-8 млн. га) обеднение почвы основаниями достигло катастрофически высокого уровня. В результате происходит рост площадей кислых почв, которые, по нашим расчетам, достигают 56-55 млн. га (средняя ежегодная интенсивность подкисления среды в почве составляет 0,02-0,03 рН).

В таких условиях определенное значение приобретает возможность расширения сырьевой базы и поиск новых источников поставок мелиорантов с целью приближения их потребителю. Судя по оценке ряда научных учреждений страны, известьсодержащие отходы могут успешно заменять стандартные мелиоранты, обеспечивая высокие прибавки урожая и, как правило, улучшая качество продукции. При этом земледелие получает дешевые удобрения, а в промышленности значительно уменьшаются отвалы отходов, и тем самым предотвращается опасность загрязнения окружающей среды.

Исследования по изучению эффективности различных доз и форм известковых удобрений при повторном известковании проводили в длительном полевом опыте, заложенном на опытной станции Смоленского НИИСХ с 1968 г. (табл. 1). Почва дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая отличается низким содержанием подвижного фосфора и наличием большого количества обменного алюминия. В качестве известковых удобрений использовались известняковая мука и электросталеплавильный шлак. С 2002 года опыт проводится в севообороте: однолетние травы, овёс + травы, травы 1 г.п., картофель, ячмень + травы.

Максимальное изменение уровня кислотности дерново-подзолистой почвы на фоне дозы по полной гидролитической кислотности при внесении шлака приводило к незначительному ее снижению на 1,2 ед. рН, в то время как на фоне известняковой муки эти изменения более значительны и достигали величины в 1,8 ед. рН. Поэтому можно сказать, что влияние металлургического шлака при основном его внесении на снижение кислотности почвы было значительно слабее в сравнении с известняковой мукой.

Таблица 1 – Схема опыта

№ вар.	Варианты опыта	
	Основное известкование по 1 г.к.	Повт. известкование в 2002 г.
1	Фон + известняковая мука в 1968 г.	Контроль – фон (без известки)
2		+ известняковая мука в 1968 г.
7		+ известняковая мука в 1968 г.
8		+металлургический шлак в 1968 г.

Спустя 10 лет после основного известкования сохранялось его влияние на величину рН, но затем это действие заметно ослабло. Через 34 года последействия известкования по фону известняковой муки уровень рН находится в среднекислом интервале 4,8-5,1, в случае применения металлургического шлака реакция почвенной среды практически не отличается от контроля.

Повторное внесение различных форм известковых удобрений в 2002 г. привело к снижению почвенной кислотности на 2-й год последействия с

4,8 до 5,5-5,7, т.е. на 20-25 % на фоне известняковой муки, а на фоне шлака с 4,4 до 5,2-5,3, или на 17-19 %. Наблюдения за действием шлака на уровень кислотности почвенной среды показывают, что по сравнению с внесением мелиоранта в 1968 году активность его существенно возрастает и к 4-5 году действия повторного внесения уровень pH среды 5,5-5,6, что лишь на 0,1-0,3 ниже в сравнении со стандартным мелиорантом.

К моменту повторного известкования в 2002 г. уровень гидролитической кислотности определялся на уровне 2,5 мг-экв/100 г почвы. На фоне шлака кислотность выше (3,3 мг-экв/100 г почвы), н металлургического шлака на величину гидролитической кислотности при повторном его внесении в почву характеризуется более активным, чем при однократном использовании. Величина показателя 1,7 мг-экв/100 г почвы, что находится на грани значимого различия с известняковой мукой. Минимальные различия по исследуемому показателю достигнуты на 5-6 год действия мелиорантов.

Проведенное основное известкование почвы в 1968 г. обусловило снижение также и обменной кислотности до безопасного уровня, а в некоторых случаях вообще полностью её устранило. К моменту проведения повторного известкования величины обменной кислотности на всех вариантах не достигли исходного уровня и, независимо от формы мелиоранта, находились на безопасном уровне, хотя на фоне шлака эта величина значительно выше (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика обменной кислотности (мг-экв./100 г почвы) дерново-подзолистой почвы при основном и повторном известковании

Вариант опыта	Годы							
	1967	1978	1984	1990	1997	2001	2004	2006
Контроль	1,12	0,32	0,52	0,39	0,45	0,55	0,33	0,41
Известняковая мука по 1,0 г.к. в 1968 г.	0,95	0,06	0,15	0,21	0,18	0,29	0,11	0,07
Металлургич. шлак по 1,0 г.к. в 1968 г.	1,00	0,22	0,29	0,36	0,29	0,39	0,22	0,17
HCP _{0,5}	0,03	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,02

Известкование на длительный период стабилизировало насыщенность почв основаниями с более высокими показателями на фоне известняковой муки. Действие металлургического шлака на эти показатели было более слабым. Однако отметим, что шлак оказывает на почву дополнительное мелиорирующее воздействие, которое препятствует потерям из почвы питательных элементов, в том числе кальция и магния. Влияние шлака на содержание обменного Mg более значительно, чем на вариантах с известняковой мукой – спустя 30 лет после внесения шлака содержание обменного Mg – 0,9, в то время как на фоне известняковой муки 0,6 мг-экв/100 г почвы (табл. 3).

Повторное внесение мелиорантов обусловливает значительное изменение параметров по сравнению с известняковой мукой, на фоне металлургического шлака содержание подвижного фосфора было на уровне 119,6 мг/кг почвы, азота 17,9 мг/100 г почвы, в то время как на фоне известняковой муки – 101,5 мг/кг и 14,1 мг/100 г почвы, соответственно.

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ...

Таблица 3 – Влияние различных форм химических мелиорантов на содержание обменных оснований в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант опыта	Содержание, мг-экв/100 г почвы						Степень насыщенности основаниями, %	
	кальция		магния		сумма оснований			
	2001	2007	2001	2007	2001	2007	2001	2007
Контроль-фон	3,0	3,3	0,5	0,4	3,5	4,0	51	49
Известняковая мука по 1,0 г.к. в 1968 г.	3,8	4,1	0,6	0,6	4,4	4,9	61	62
Известняковая мука по 1,0 г.к. в 1968 г. + по 1,0 г.к. в 2002 г.	3,8	6,3	0,6	0,8	4,4	7,1	61	81
Металл. шлак по 1,0 г.к. в 1968 г. + по 1,0 г.к. в 2002 г.	3,5	5,5	0,9	1,3	4,3	6,8	55	70
HCP _{0,5}	0,3		0,2		0,3		3,5	

В опыте было определено валовое содержание ТМ в почве. Внесение электросталеплавильных шлаков достоверно увеличило содержание в почве Сo – 7,0 мг/кг и Mn – 430 мг/кг, но оно не было токсичным для растений. Выявлено, что валовое содержание ТМ находится в пределах (мг/кг) : никеля – от 5,2 до 6,9 мг/кг (0,06-0,6 ПДК), цинка – от 16,0 до 20,2 мг/кг (0,2-0,4 ПДК), кадмия – от 0,12 до 0,14 мг/кг (0,3-0,5 ПДК), свинца – от 5,2 до 6,8 мг/кг (0,01-0,1 ПДК), меди – от 2,1 до 2,8 мг/кг (0,05-0,1 ПДК) (табл. 4).

Математический анализ парных сравнений Шеффе (Scheffe) позволил установить заметное влияние мелиорантов на содержание подвижных форм меди, цинка и никеля. Содержание цинка и меди снижалось больше на фоне металлургического шлака, чем на фоне известняковой муки. Содержание подвижных форм никеля на контрольном варианте было существенно выше значений, отмеченных на всех известкованных делянках. На фоне известкования различными формами материалов увеличивалось содержание подвижных соединений свинца, однако оно не превышало МДУ. Содержание подвижных соединений хрома оставалось на уровне фонового варианта или снижалось как на фоне известняковой муки, так и на фоне металлургического шлака.

Таблица 4 – Влияние различных форм и доз химических мелиорантов на содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (валовое содержание)

Вариант опыта	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	Co	Mn
	мг/кг							
Контроль-фон	0,14	5,6	17,2	2,3	5,2	6,1	5,5	398
Известняковая мука по 1,0 г.к. в 1968 г.	0,12	5,9	18,2	2,5	5,8	6,8	5,2	336
Известняковая мука 1,0 г.к. в 1968 г. + 1,0 г.к. в 2002 г.	0,14	6,0	16,0	2,6	5,9	6,2	6,4	350
Металлургический шлак. 1,0 г.к в 1968 г. + 1,0 г.к. 2002 г.	0,14	6,0	18,1	2,8	6,9	7,9	7,0	430
HCP _{0,5}	0,05	1,2	3,1	0,4	0,7	1,8	1,6	27

Валовое содержание хрома в почве слабо коррелировало с наличием подвижного, извлекаемого ААБ с pH 4,8 и составило, соответственно,

($r = 0,49 \pm 0,05$). Такую ситуацию можно рассматривать как следствие особенностей формы нахождения Cr в шлаках. Вследствие того что хром в шлаках находится в малоподвижных соединениях, он слабо реагирует с почвой, что также обуславливает незначительное поступление его в растения.

Опасность применения шлаков связана также с наличием повышенного содержания железа, определение которого в наших опытах не выявило достоверного повышения его содержания в почве, это объясняется тем, что данный элемент в шлаке находится в малорастворимой форме.

Определение содержания подвижных соединений хрома, никеля и кобальта показало, что их концентрация была в пределах 0,05-0,1; 0,9 и 0,64 мг/100 г почвы, соответственно. Колебания по вариантам были статистически недостоверны. Отмечено, что содержание подвижных соединений этих элементов в почве на 4-й год действия шлака снижается.

Независимо от формы мелиоранта цинк, кадмий, свинец достаточно равномерно распределяются по всему почвенному профилю до 1 м. Данные показывают, что наблюдается аккумуляция в верхних слоях почвы элементов, а Cu и Ni накапливаются преимущественно в нижнем горизонте почвы. Почва характеризуется низким содержанием ртути – до 0,015 мг/кг почвы. Для каждого элемента был рассчитан коэффициент подвижности, наибольшая величина которого относится к Cd, далее Pb > Ni > Co > Cu > Zn > Cr.

Явного и стабильного преимущества какого-либо мелиоранта в формировании продуктивности сельскохозяйственных культур не выявлено (табл. 5).

Установлено, что накопления тяжелых металлов в вегетативной массе овса при внесении шлака, в сравнении как с фоном, так и с известняковой мукой, не происходит. Оценка качества зерна овса также не выявила значимого накопления тяжелых металлов, в том числе и хрома. Содержание протеина в зерне в зависимости от года исследований колебалось в пределах 11-14 %, и преимущества какого-либо мелиоранта не выявлено. Существенной разницы по содержанию тяжелых металлов в сухой массе сена многолетних трав также не было обнаружено. В среднем за годы исследований наблюдалась тенденция увеличения содержания крахмала и аскорбиновой кислоты в клубнях картофеля на вариантах с внесением химических мелиорантов по сравнению с контролем, причем проявилась положительная тенденция преимущества metallurgического шлака.

При определении степени пораженности клубней паршой обыкновенной на вариантах с повторным внесением шлака общее количество клубней, пораженных паршой обыкновенной в сильной и средней степени, составило в 2005 г. 6,1-9,5 %, в 2006 г. – 5,0-12,0 %, в 2007 г. – 6,1-10,0 %, при этом наибольшее значение интервалов соответствовало контрольным вариантам, а наименьшее – варианту с внесением metallurgического шлака. Концентрации азота и калия в картофеле варьировали в зависимости от варианта опыта. Содержание азота достоверно увеличивалось при внесении metallurgического шлака.

Таблица 5 – Влияние повторного известкования на урожай сельскохозяйственных культур, ц/га зерн. ед.

Содержание хрома на вариантах с внесением шлака на картофеле существенно не отличалось от контрольного, что, согласно санитарно-гигиеническим нормативам, свидетельствует об экологической безопасности продукции. В побочной продукции картофеля выявлено, хотя и на границе значимости показателя, повышение содержания кобальта при внесении силикатных форм мелиорантов, по другим анализируемым элементам существенной разницы в сравнении с известняковой мукой и контролем не обнаружено. Выявлена специфика накопления Со и Си в зависимости от метеоусловий вегетационного периода. Во влажные годы растения картофеля накапливают больше Со и меньше Си и, наоборот, в засушливые годы меньше Со и больше Си, при этом достоверной разницы по вариантам не обнаружено.

При анализе накопления тяжелых металлов растениями ячменя существенных различий по вариантам не наблюдалось. Было определено распределение ТМ в органах растений. При несущественной разнице по содержанию тяжелых металлов по вариантам опыта отметим, что в зерне ячменя содержание свинца и кадмия было на уровне 0,3-0,5 и 0,06-0,09 мг/кг соответственно, а в соломе во много раз больше и достигало 3,2-4,2 и 0,12-0,16 мг/кг сухого вещества, соответственно. Концентрация всех исследуемых элементов не превышает ПДК.

УДК 502.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЕМОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

© *E.A. Полянская, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

© *S.U. Ефремова, Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)*

INVESTIGATION OF REMEDIATION METHODS CONTAMINATED SOIL

© *E.A. Polyaneskova, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

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

В статье рассмотрены различные приемы рекультивации нефтезагрязненных почв. Изучено влияние приемов рекультивации на биологическую активность почв.

Ключевые слова: почва, рекультивация, нефтезагрязнение, биологическая активность.

The article describes the various methods of remediation of contaminated soils. The impact of remediation methods on biological activity of soil was studied.

Key words: soil, remediation, oil-pollution, biological activity.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЕМОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ...

Практически все объекты, связанные с добычей, транспортировкой, переработкой, хранением, применением нефти и нефтепродуктов, являются потенциальными источниками загрязнения природной среды. Наиболее распространенной причиной нефтезагрязнений являются аварийные разливы нефтепродуктов, возникающие в результате нарушений технологических режимов на этапах хранения, транспортировки, эксплуатации топлива, физического износа или механического повреждения оборудования.

В результате аварийных разливов загрязненными могут оказаться любые компоненты природной среды – почва, грунт, поверхностные и подземные воды, донные осадки [4, 8].

В соответствии с российским природоохранительным законодательством разливы нефти и нефтепродуктов должны быть локализованы и ликвидированы, остаточное содержание углеводородов в окружающей среде – доведено до допустимого уровня [3].

В мировой практике в настоящее время имеется широкий спектр приемов рекультивации. Рекультивация земель – это комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды [1].

В связи с разнообразием климатических условий, физико-химическими свойствами почвы, качественным составом нефти и нефтепродуктов и высокой стоимостью мероприятий по рекультивации проблема поиска оптимальных и адаптированных к конкретным условиям методов остается весьма актуальной [6, 7].

В исследованиях с целью изучения приемов, снижающих негативное действие нефтезагрязнения на почвы, нами использовались: удобрения минеральное (нитрофоска), органическое – в виде активного ила (АИ) и промышленный биопрепарат “Бациспецин” (Б) в различных сочетаниях.

Минеральное удобрение нитрофоска содержит 35-52 % N, P₂O₅ и K₂O в различных соотношениях. Стимулирующий эффект минеральных удобрений объясняется оптимизацией концентрации питательных элементов в почвенном растворе и созданием определенной буферной емкости среды, что является важным фактором для обменных процессов микроорганизмов.

На почвообразовательные процессы в значительной мере влияют своей жизнедеятельностью микроорганизмы, создавая условия для развития тех или иных биоценозов [7].

В качестве активатора аборигенной микрофлоры использовали активный ил (АИ), который благоприятно влияет на биологические параметры почвы, возвращая к исходному уровню активность окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов, и служит энергетическим материалом для почвенной микрофлоры, благодаря чему происходит мобилизация питательных веществ.

В опытах использовали также промышленный биопрепарат “Бациспецин”, разработанный в лаборатории прикладной микробиологии Института биологии УНЦ РАН. Препарат получен на основе штамма *Bacillus sp.*

739, выделенного из серой лесной почвы, использование его для рекультивации нефтезагрязненных почв показало возможность нормализации ее ферментативных и микробиологических показателей и, как следствие, снижение содержания нефти [5].

Проведенные исследования по минимизации негативного влияния загрязнения нефтью показали, что в динамике численности бактерий на мясопептонном агаре по всем вариантам опыта проявляется общая закономерность, выраженная в увеличении их количества к середине срока инкубации и снижении – к концу (рис. 1).

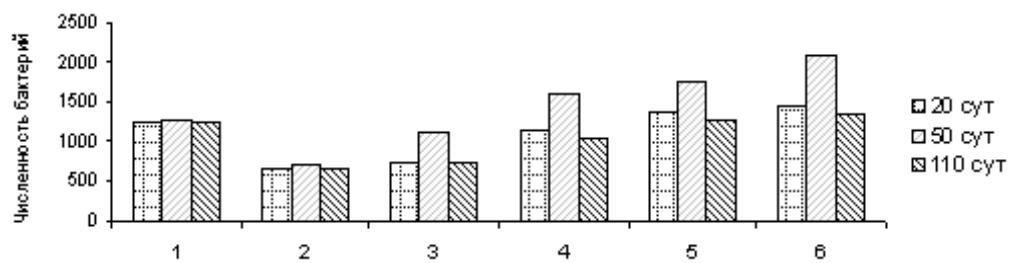


Рисунок 1 – Влияние приемов реабилитации на численность почвенных бактерий: 1 – почва (контроль); 2 – почва + нефть (фон); 3 – фон + NPK; 4 – фон + АИ + NPK; 5 – фон + Б + NPK; 6 – фон + Б + АИ + NPK

Исследования показали низкую эффективность внесения полного минерального удобрения в повышении окислительно-восстановительных процессов.

Внесение АИ оказывало существенный продолжительный стимулирующий эффект по сравнению с другими вариантами.

Численность бактерий на фоне активного ила и биопрепарата была выше на протяжении всего периода инкубации, что способствовало интенсификации самоочищения нефтезагрязненных почв. Вероятно, это связано с его составом, в него входят водоросли, простейшие и коловратки, в результате чего он вызывает перестройку микробного ценоза, которая выражается в расширении видового разнообразия.

Внесение биопрепарата, с одной стороны, способствует интенсивной деструкции нефти, а с другой – может привести к нарушению микробной сукцессии, то есть к подавлению или исчезновению одних видов организмов и активному развитию других, что приводит к изменению устойчивости почвенной экосистемы в целом. Кроме того, деструкция трудноразлагаемых соединений нефти (полициклические ароматические углеводороды, смолы, асфальтены) возможна лишь ассоциациями различных групп микроорганизмов, а внесение одного или нескольких штаммов может быть недостаточно эффективным [2].

Поэтому основой оптимального и комплексного воздействия при биологической рекультивации нефтезагрязненных почв является необходи-

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЕМОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ...

мость создания оптимальных условий для развития естественного углеводородокисляющего микробоценоза с помощью внесения азотно-фосфорных удобрений, усиления аэрации, полива, известкования и фитомелиорации. В процессе санации происходит селекция активных микроорганизмов, а активизация аборигенной микрофлоры создает условия для разрушения трудноразлагаемых углеводородов и является экологически и экономически целесообразной.

В проведенных нами исследованиях почв установлено, что различные приемы реабилитации оказали больший или меньший положительный эффект по степени восстановления почвы, но наилучшие условия создавались при компостировании почвы с органоминеральным комплексом и биопрепаратором. Внесение комплекса мелиорантов (нитрофоска, активный ил, биопрепарат) в большей степени стимулирует биологическую активность загрязненной почвы, а значит, и процессы биодеградации нефтяных углеводородов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Винник В.В. *Метод восстановления экологических функций нефтезагрязненных почв // Вузовская наука Северо-Кавказскому региону : Мат. VIII Регион. конф. – Т. 1. – Ставрополь : СевКавГТУ, 2004. – 212 с.*
2. Габбасова И.М., Хазиев Ф.Х., Сулейманов Р.Р. *Оценка степени восстановленности нефтезагрязненных почв с давними сроками загрязнения после биологической рекультивации // Почтоведение. – 2002. – № 10. – С. 1259.*
3. Постановление Правительства РФ от 15.04.2002 г. № 240 “О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации”.
4. Садовникова Л.К. *Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении : Учеб. пособие / Садовникова Л.К., Орлов Д.С., Лозановская И.Н. – М. : Высш. шк., 2006. – 344 с.*
5. Полевой эксперимент по очистке почв от нефтяного загрязнения с использованием углеводородокисляющих микроорганизмов / Сидоров Д.Г., Борзенков И.А.. Ибатулин Р.Р. [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 1997. – Т. 33. – № 5. – С. 497 – 502.
6. Сметанин В.И. *Рекультивация земель: обзор технологий // Экология и промышленность России. – 2004. – Май. – С. 42 – 45.*
7. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В. *Агрехимические свойства серых лесных почв под влиянием загрязнения нефтью // Плодородие : Научно-практический журнал. – М. : МЦНТИ, 2008. – № 4. – С. 45.*
8. Шаркова С.Ю. *Экологическое состояние природных и техногенных экосистем Среднего Поволжья и их реабилитация : Автореф. дисс. ...докт. биол. наук. – М. : ВНИИА, 2010. – 45 с.*

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА КАК
КОМПЛЕКСНОГО МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ В РИСОВЫХ
СЕВООБОРОТАХ НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ**

- © **C.B. Кизинек**, ФГУП РПЗ “Красноармейский” им. А.И. Майстренко
Россельхозакадемии (г. Краснодар, Россия)
- © **A.X. Шеуджен**, ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный
аграрный университет” (г. Краснодар, Россия)
- © **М.Ю. Локтионов**, ОАО “Минерально-химическая компания
“ЕвроХим” (г. Москва, Россия)

**THE EFFICIENCY OF PHOSPHOGYPSUM APPLICATION
AS A COMPLEX MINERAL FERTILIZER DURING RICE CROP
ROTATION ON MEADOW-CHERNOZEM SOILS**

- © **S.V. Kizinyok**, FSUE RBP “Krasnoarmeysky” after A.I. Maystrenko,
Russian Academy of Agricultural Sciences (Krasnodar, Russia)
- © **A.H. Sheudzhen**, FSBEI HPE “Kuban State Agrarian University”
(Krasnodar, Russia)
- © **M.Yu. Laktionov**, Public Corporation “Mineral-Chemical
Company “Evrohim” (Moscow, Russia)

Представлены результаты агроэкологической эффективности различных форм кальцийсодержащих удобрений. Выявлено преимущество внесения фосфогипса на лугово-чернозёмных почвах в рисовых севооборотах.

Ключевые слова: фосфогипс, рис, плодородие почвы, продуктивность.

Some results of agro-ecological efficiency of various types of fertilizers containing calcium are offered in the article. The advantage of using phosphogypsum on meadow-chernozem soils during rice crop rotation has been proved.

Key words: phosphogypsum, rice, soil fertility, efficiency.

E-mail: rgpzkr@mail.kuban.ru

При прогрессивных сельскохозяйственных технологиях целенаправленное регулирование пищевого режима почв, расширенное воспроизводство почвенного плодородия и в то же время рост производства продукции растениеводства достигаются путем внесения минеральных и органических удобрений. Их влияние на почву многообразно и разносторонне и не сводится только к изменению содержания элементов питания в ней. Оно проявляется в отношении практически всех параметров почв.

Однако в настоящее время крайне низкий уровень применения удобрений и мелиорантов привел к резко отрицательному балансу основных питательных элементов в почве и ухудшению реакции ее среды. В определенной степени решить проблему оптимизации питания сельскохозяйственных растений – главное условия высокой продуктивности и устойчивости земледелия – возможно при использовании побочных продуктов производ-

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА КАК...

ства, содержащих ценные питательные вещества, применение которых в несколько раз снижает затраты. В ассортимент таких средств включен фосфогипс, получаемый ООО “ЕвроХим – БМУ”, применение которого обеспечит повышение плодородия почв, улучшение их физико-химических, агрофизических свойств, структуры и питательного режима. Особое значение имеет применение фосфогипса с этой целью на слабосолонцеватых, солончаковых почвах и солонцах [1, 2].

Получаемый фосфогипс нейтрализованный является побочным продуктом производства экстракционной фосфорной кислоты, в соответствии с техническими условиями ТУ 113-08-418-94 доля основного вещества ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – 92 %. В агрегатном составе фосфогипса преобладают частицы менее 0,25 мм (от 62,1 до 68,3 %). В почвах основу общей массы составляют фракции диаметром от 0,25 до 6,0 мм – от 73,9 до 79,6 %, а в фосфогипсе эти фракции колеблются от 30,6 до 37,0 % [3].

Внесение фосфогипса способствует усилиению биологической активности почвы. Например, численность микроорганизмов, использующих органические формы азота, увеличивается на 1 г почвы на 9,7 % и на 7,8 % повышается число микроорганизмов, ассимилирующих минеральный азот. Корреляция между количеством микроорганизмов на питательных средах и содержанием нитратного азота высокая. При внесении фосфогипса повышается содержание в почве актиномицетов примерно на 10,7 % и целлюлозоразрушающих микроорганизмов на 16,3 % (в основном за счет рода *Pseudomonas*), на 8,4 % повышается число колоний азотобактера. Фосфогипс усиливает ферментативную активность почвы и благоприятствует интенсификации разложения свежего органического вещества, что четко просматривается на примере разложения послеуборочных остатков кукурузы. Этот процесс связан с увеличением численности микроскопических грибов, чему способствовало повышение концентрации P_2O_5 в верхнем слое почвы [4 – 6].

В основе производства лежат два одновременно протекающих процесса: растворение фосфатного сырья (апатита) в смеси серной и фосфорной кислот и кристаллизация сульфата кальция. Свободную фосфорную кислоту, содержащуюся в фосфогипсе, нейтрализуют известью. Нейтрализация пульпы известью позволяет также скорректировать pH до нейтральных значений (pH 7-8), что благоприятно для окружающей среды.

В качестве исходного сырья ОАО “ЕвроХим – Белореченские Минудобрения” используют апатит Ковдорского месторождения, который благодаря особенностям своего химического состава обеспечивает благоприятный состав фосфогипса с точки зрения экологической безопасности, что выражается в низком содержании стабильного стронция (0,46 %) и незначительном – тяжелых металлов. Применение фосфогипса экологически безопасно при внесении его в почву. Это обусловлено тем, что кальций, содержащийся в фосфогипсе и почвах, особенно высокогумусных, будет нивелировать его возможное негативное воздействие, а миграция в природные воды в таких количествах не приведет в значимому увеличению его концентрации. Соотношение кальция к стронцию в исследуемом фосфогипсе более 100:1, что также свиде-

тельствует о его экологической безопасности. При таком содержании этого элемента, внесенного с фосфогипсом в почву даже в максимальных дозах 10-15 т/га, соотношение Ca:Sr в почве существенно не изменится, что является фактором экологической безопасности применения мелиоранта. Кроме того, фосфогипс имеет слабощелочную реакцию среды, при которой снижается подвижность соединений стронция в почве.

Содержание фтора в фосфогипсе также низкое (около 0,47 % общего и 0,03-0,2 % водорастворимого фтора) и не повлечёт негативного воздействия на окружающую среду.

Использование фосфогипса позволит во многом снять проблему дефицита серных удобрений. В земледелии Российской Федерации усиливается недостаток для растений серы в почве. Этот процесс связан, в первую очередь, с активным выносом серы из почвы с урожаями сельскохозяйственных культур (20-50 кг/га в год) и миграцией из корнеобитаемого слоя с инфильтрационными водами (20-40 кг/га). Обеспеченность почв серой в целом по стране значительно ниже, в сравнении с другими макроэлементами, в частности, фосфором и калием. По содержанию подвижной серы в почвах страны из обследованных земель 54,7 % имеют низкое содержание серы; 34,6 % – среднее. Следовательно, 89,3 % почв нуждаются в улучшении их состояния по содержанию этого важнейшего питательного элемента [4, 7, 8].

Целесообразность применения фосфогипса, содержащего серу, доказана большим рядом полевых опытов научно-исследовательских учреждений и агрохимслужбы РФ. Положительный эффект установлен на дерново-подзолистых, серых лесных почвах и черноземах [2, 8, 9].

Выявлено также положительное влияние фосфогипса на азотный режим почвы и улучшение фитосанитарного состояния посевов [10].

Внесение фосфогипса нейтрализованного приводит к улучшению кремниевого питания растений и повышению продуктивности. При этом установлено, что кремнекальциевые соединения, содержащиеся в фосфогипсе нейтрализованном, повышают содержание доступного растениям фосфора и устойчивость растений к неблагоприятным условиям. Наиболее эффективен фосфогипс нейтрализованный на почвах с избыточной кислотностью, которые в наибольшей степени обеднены подвижной кремневой кислотой. Несмотря на слабую растворимость силикат кальция постепенно переходит в состояние, обеспечивающее участие в обменных реакциях содержащегося в нем кальция, вследствие этого процесса образуется свободная кремневая кислота, благоприятно влияющая на питание растений [2, 11].

Установлено, что совместное применение азотных и кремнийсодержащих удобрений благотворно влияет на развитие растений, способствует повышению продуктивности ячменя в 1,5-1,7 раза, риса в 1,5-2,0 раза, кукурузы, свеклы и др. культур на 30-50 % [9].

Накопленный в настоящее время экспериментальный материал доказывает потенциально высокую агрономическую эффективность и экологическую безопасность фосфогипса в широкой зоне возможного применения, в том числе в условиях орошения в рисовых севооборотах.

Целью настоящей работы являлось определение влияния различных форм кальцийсодержащих удобрений на продуктивность риса. В задачу исследований входило: установление изменений показателей плодородия почв при внесении удобрений под рис; изучение влияния удобрений на продуктивность риса; выявление оптимальных норм удобрений, обеспечивающих высокий урожай риса.

Почвы рисовых полей характеризуются спецификой водно-воздушного режима, состоящей в создании условий временного избыточного увлажнения. Наряду с основными элементами питания, пищевой режим почв рисовых полей определяют кальций, кремний и сера, характер поведения которых имеет свою специфику в восстановленных условиях. Следует отметить, что рис является кремниевым и потребляет значительное количество SiO_2 для построения растительного организма [12]. Для роста и развития растений риса также необходимым и незаменимым элементом является кальций. На формирование 1 т урожая зерна риса затрачивается 2,6 кг этого элемента. Из этого количества непосредственно зерном риса отчуждается 30 % кальция [11].

При систематическом длительном затоплении рисовых полей из пахотного слоя почвы происходит постепенное вымывание кальция [6, 13]. Как показали исследования Е.П. Алешина (1993) и А.Х. Шеуджен (2006), баланс кальция в почвах рисовых полей Кубани отрицателен. Причем обеднение пахотного горизонта рисовых почв этим элементом наиболее интенсивно происходит при систематическом внесении под рис высококонцентрированных безбалластных минеральных удобрений, т. е. мочевины, двойного суперфосфата и хлористого калия. Следовательно, возникает необходимость внесения под рис кальциевых удобрений.

Недостаточная изученность применения различных форм кальциевых удобрений под рис в зависимости от свойств почвы, ее кислотности, а также сочетания с внесением других видов минеральных удобрений не позволяло широко применять кальцийсодержащие удобрения на рисовых полях Кубани. Изучение этих вопросов позволило бы более обстоятельно установить изменения агрохимических свойств почвы в результате внесения мелиорантов на рисовых полях и обосновать рекомендации по их применению [5, 6].

Исследования были проведены на опытном поле ФГУП РПЗ “Красноармейский” имени Майстренко ВНИИ риса. Почвенный покров хозяйства тесно увязан с элементами рельефа. Распределение земель сельскохозяйственных угодий: пашня занимает 11439 га, что составляет 93 % от общей площади, в том числе орошаемой 6874 га. В структуре посевых площадей преобладают зерновые культуры – 75-80 % и кормовые – 18-24 %. Среди зерновых культур большую площадь пахотных угодий занимает рис – 50 %. Кроме риса, пашня хозяйства занята озимой пшеницей (7,5 %), кукурузой на зерно (12,5 %), однолетними (6,5 %) и многолетними (6,4 %) травами.

Ранее проведенные исследования на почвах рисовых систем Кубани в условиях многолетнего полевого опыта показали высокую эффективность фосфогипса и известняковой муки в условиях орошения [14]. Средняя за 3 года прибавка урожая зерна риса при внесении только фосфогипса на не-

удобренном фоне составила 5,2 ц/га, на фоне азотно-калийных удобрений – 7 ц/га. Урожайность риса при гипсовании повышалась в основном за счет большого количества растений, сохранившихся к уборке, и повышения коэффициента кущения. Перед уборкой густота стояния растений на немелиорированных участках была в пределах 162-201 штука, а на мелиорированных – 183-209 шт./м². Установлено, что на участках, где внесен фосфогипс полной дозой, рассчитанной по обменному натрию, в течение 3-х лет применять фосфорные удобрения было не нужно.

Полевые опыты проводили на лугово-чернозёмной тяжелосуглинистой почве, которая средне обеспечена подвижными формами азота, средне-обеспечена подвижными соединениями 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, pH сол. 5,8 (по ГОСТ 26483-85), количество обменного кальция – 34,6 мг-экв./100 г почвы. Предшественник – многолетние травы. Повторность 4-кратная. Известняковую муку и фосфогипс вносили перед посевом в дозах 0, 1,5 и 3,0 т/га поверхностью с дальнейшей заделкой в почву на глубину 10-15 см. Исследование проводили на фоне минеральных удобрений, вносимых в почву ежегодно в дозе N₁₁₀P₇₀K₆₀. Азотные удобрения вносили дробно: 60 % – как основное удобрение и 40 % при подкормках в фазу кущения. В качестве объекта исследований был выбран сорт риса Лиман. Агротехника в опыте общепринятая для данной зоны и соответствовала рекомендациям ВНИИ риса.

Внесение различных форм мелиорантов под рис изменяет реакцию почвенного раствора и создает благоприятный пищевой и окислительно-восстановительный режим, улучшая условия произрастания семян, тем самым способствуя формированию оптимальной густоты стояния растений. Выявлено, что различные формы кальцийсодержащих удобрений на лугово-чернозёмных почвах уже в первый год после внесения значительно изменяют уровень кислотности среды. Реакция почвенного раствора (pH) в зависимости от дозы мелиорантов увеличилась от 5,8 до 6,24. В последующий год действие было нарастающим (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние известкования почвы на реакцию почвенного раствора

Доза извести в т/га	pH среды через:		
	1 год	2 год	в среднем за 2 года
Контроль	5,81	5,80	5,80
известняковая мука в дозе 1,5 т/га	6,04	6,10	6,07
известняковая мука в дозе 3,0 т/га	6,14	6,22	6,18
Фосфогипс в дозе 1,5 т/га	6,00	6,05	6,03
Фосфогипс в дозе 3,0 т/га	6,16	6,24	6,20
HCP ₀₁ , ед. pH	0,15	0,17	0,17

Доза мелиорантов 1,5 т/га обусловила увеличение pH среды в среднем с 5,8 до 6,03-6,7, дальнейшее увеличение дозы до 3,0 т/га, соответственно, до 6,2. Достоверного преимущества какого-либо мелиоранта не выявлено.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА КАК...

Применение кальцийсодержащих удобрений положительно повлияло на рост и развитие растений риса. Применение извести способствовало увеличению высоты растений риса на 5,0-7,8 см, в среднем за 2 года с 88,0 см на контроле до 95,8 см на фоне дозы 3,0 т/га, количества корней на 13,5-18,5 шт/раст., увеличения кустистости, а также формированию более продуктивной метелки вследствие увеличения числа колосков в среднем на 143-308 шт/10 растений, а также некоторого увеличения массы 1000 зерен – 30-32 г. Однако наибольшие величины отмеченных показателей наблюдались в варианте с внесением фосфогипса в дозе 3,0 т/га, в том числе масса 1000 зерен на фоне оптимальной дозы увеличилась до 32,8 г, что обусловило повышение урожая зерна риса.

В зависимости от дозы и формы мелиорантов урожайность риса по отношению к контролю возрастила в среднем на 4,1-7,2 ц/га (табл. 2). Наибольший эффект достигался при внесении фосфогипса в дозе 3,0 т/га.

Таблица 2 – Зависимость урожайности риса от дозы известкового удобрения (в среднем за два года)

Вариант опыта	Урожай зерна в средн. за 2 года	Прибавка урожая зерна риса	
		общая ц/га	в %
Контроль	60,2	-	-
Известн. мука в дозе 1,5 т/га	64,3	4,1	6,8
Известн. мука в дозе 3,0 т/га	66,6	6,4	10,6
Фосфогипс в дозе 1,5 т/га	65,9	5,7	9,4
Фосфогипс в дозе 3,0 т/га	67,4	7,2	12,0
НСР ₀₅ , ц/га	1,6		

Результаты исследований позволяют заключить, что внесение кальцийсодержащих удобрений под рис обеспечивает благоприятные условия для формирования его продуктивности. Наиболее эффективной была доза фосфогипса 3,0 т/га. Внесение мелиорантов также будет способствовать поддержанию положительного баланса кальция в почве.

Значение применения фосфогипса как высокоеффективного, энерго- и ресурсосберегающего фактора актуально и чрезвычайно перспективно. При этом очень важно природоохранное значение применения фосфогипса, так как не только освобождаются тысячи гектаров земли, занятых отвалами, но и обогащаются почвы кальцием, кремнием, фосфором, серой и комплексом микроэлементов. Применение высокоеффективных и недорогих мелиорантов на площади хотя бы 1 млн. га позволит ежегодно экономить не менее 1,5-1,8 млрд. руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казанцева Э.В., Моисеев К.В. *Физико-химические свойства солонцов Уральской области и их мелиорация*. – Алма-Ата : Кайнар, 1986. – 32 с.
2. Методические указания по почвенно-мелиоративным изысканиям и разработке проектов мелиорации солонцовых земель в Казахской ССР. – Алма-Ата, 1980. – 143 с.
3. Временные методические указания по проведению почвенно-мелиоративных изысканий, составлению проектно-сметной документации и мелио-

- рации солонцеватых содово-засоленных орошаемых почв Казахской ССР. – Алма-Ата, 1985. – 84 с.*
4. *Окультуривание и использование солонцовых и засоленных земель лесостепной зоны / Березин Л.В., Степанов А.Ф., Марков А.П. [и др.]. – Омск, 1986. – С. 13 – 14, 88, 57 – 67.*
5. *Зинковская Т.С. Влияние совместного применения фосфоритной муки и фосфогипса на кислых почвах // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар, 2010. – С. 161 – 163.*
6. *Кремзин Н.М. Удобрение и химическая мелиорация солонцовых почв Кубани, используемых под рис : Автореф. дисс. ...канд. биол. наук. – М., 1990. – 23 с.*
7. *Беспятых Н.С. Интенсивное поле Ставрополья // Химия в сельском хозяйстве. – М., 1987. – № 3. – С. 5 – 11.*
8. *Мелиорация и сельскохозяйственное использование солонцов в Западной Сибири и Зауралье. – Новосибирск, 1983. – 36 с.*
9. *Нормативы прибавок урожая сельскохозяйственных культур при мелиоративном освоении солонцовых почв на 1981 – 1985 гг. – М., 1979. – 34 с.*
10. *Окорков В.В. Перспективы и пути использования фосфогипса на кислых почвах // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – Краснодар, 2010. – С. 156 – 161.*
11. *Методические указания по инвентаризации солонцовых земель. – М., 1983. – 26 с.*
12. *Беспятых Н.С. Интенсивное поле Ставрополья // Химия в сельском хозяйстве. – М., 1987. – № 3. – С. 5 – 11.*
13. *Классификация и диагностика почв СССР. – М. : Колос, 1977. – 124 с.*
14. *Верещагин А.Н. Химическая мелиорация солонцов степной зоны Северного Казахстана // Автореф. дисс. ...канд. биол. наук. – Новосибирск, 1987. – 19 с.*

УДК 502.7:577.4

О ПРОБЛЕМАХ ФОРМИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

© **Е.Л. Лебедев**, Пензенская государственная технологическая академия
(г. Пенза, Россия)

© **Т.А. Шарков**, Пензенская государственная технологическая академия
(г. Пенза, Россия)

© **Б.Л. Таранцева**, Пензенская государственная технологическая академия
(г. Пенза, Россия)

© **О.В. Фирсова**, Пензенская государственная технологическая академия
(г. Пенза, Россия)

**ON THE PROBLEMS OF FORMATION AND IMPLEMENTATION
OF STRATEGIES TO ENSURE ENVIRONMENTAL
SECURITY AT THE REGIONAL LEVEL**

© *E.L. Lebedev, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

© *T.A. Sharkov, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

© *B.L. Tarantseva, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

© *O.V. Firsova, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

Статья посвящена проблемам формирования и реализации стратегии обеспечения экологической безопасности на региональном уровне. Показаны задачи, которые необходимо решить в данном направлении.

Ключевые слова: экологическая безопасность, стратегия, региональный уровень.

Article is devoted to the formation and implementation of the strategy to ensure environmental security at the regional level. The tasks to be solved in this area were shown.

Key words: environmental security, strategy, regional level.

E-mail: leb1@rambler.ru, krtar@bk.ru

В настоящее время органы государственной власти федерального уровня официально признают то обстоятельство, что экологические проблемы реально существуют и требуют своего разрешения. Согласно официальным данным государственного доклада о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации, ежегодно подготавливаемым Министерством природных ресурсов и экологии РФ [1], около 40 % территории России, где проживает более 60 % ее населения, представляют собой зоны экологического неблагополучия.

Официально признана и законодательно определена необходимость разрешения этих проблем, для чего поставлена задача формировать и последовательно реализовывать единую государственную политику в области экологии, направленную на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Решение этой задачи требует активизации и консолидации соответствующих усилий, предпринимаемых на всех уровнях власти и управления – от федерального до местного.

Пензенская область в аспекте экологической обстановки пока продолжает выгодно отличаться от ряда других субъектов РФ, о чём свидетельствуют сравнительные данные ежегодных Докладов о состоянии и об охране окружающей природной среды Российской Федерации и Пензенской области [1 – 3]. Однако для Пензенской области характерно наличие ряда острых проблем, которые требуют разрешения.

Приоритетными проблемами Пензенской области в сфере охраны ОС и природопользования, которые, в конечном счете, могут представлять собой угрозу экологической безопасности региона, остаются следующие:

1. Проблема химразоружения, представленная в трех ее основных аспектах: не до конца изученные и до сих пор не ликвидированные экологические последствия уничтожения химического оружия в 40 – 60-х годах на

территории области; вопросы обеспечения экологической безопасности при хранении химического оружия; вопросы обеспечения экологической безопасности при строительстве и эксплуатации объекта уничтожения химического оружия.

2. Проблемы рационального использования ресурсов поверхностных вод и экологического оздоровления малых рек области и Пензенского водохранилища, в том числе связанные с отсутствием очистных сооружений ливневой канализации городов и поселков области; высоким процентом физического и морального износа действующих очистных сооружений как локальных, так и систем канализации; неэффективной эксплуатацией локальных очистных сооружений, отсутствием на них систем обезвоживания осадка на предприятиях, сбрасывающих стоки в общегородские коллекторы; отставанием от потребности объемов работ по строительству, ремонту и реконструкции очистных сооружений канализации, неэффективной их эксплуатацией; наличием очагов загрязнения подземных вод.

3. Проблемы обеспечения населения доброкачественной питьевой водой и связанные с ней проблемы улучшения качества вод питьевых водоисточников, совершенствования существующих технологий водоподготовки, обеспечения санитарно-гигиенической безопасности водоразводящих сетей, недопущения нерационального использования воды, подготовленной для хозяйствственно-питьевых нужд, освоения альтернативных водоисточников.

4. Остро в области стоит проблема обеспечения экологической безопасности при обращении с производственными и бытовыми отходами, в том числе опасными. Следует признать низкими темпы развития областного рынка отходов, внедрения участков и технологий переработки и повторного использования наиболее распространенных видов отходов. Вследствие систематического недофинансирования строительство полигонов ТБО в районах области заморожено. Острыми остаются вопросы обеспечения ЭБ при эксплуатации Пензенской городской свалки, вопросы ликвидации и рекультивации несанкционированных и закрытых свалок. Пока не сформирована единая система управления отходами на региональном уровне, включающая ее государственные и негосударственные секторы.

По данным статистической отчетности по форме 2ТП (отходы) за 2011 год на территории Пензенской области образовалось в количестве 1425413 тонн опасных отходов (2010 год – 1074238 тонн).

На 01.01.12 г. в области накоплено 658,8 тыс. тонн отходов 1-5-го классов опасности, не нашедших дальнейшего применения или возможности быть переработанными. Это на 30 % больше относительно отходов, накопленных на 01.01.11 г. (506,2 тыс. т).

В структуре формирования годового объема отходов более 50 % составляют переходящие остатки прошлых лет. Основная масса ранее накопленных отходов относится к 3-му и 4-му классам опасности, которые состоят из отходов предприятий теплоэнергетики, заводов сахарной промышленности, отходов очистных сооружений и представляют собой различные шламы и другие минеральные и органические отходы, в том числе более 10

О ПРОБЛЕМАХ ФОРМИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ...

тыс. тонн осадков очистных сооружений гальванического производства (гальваношлам) и более 0,5 млн. тонн городских осадков сточных вод (ОСВ).

На территории области только 9 полигонов ТБО отвечают требованиям к устройству и содержанию объектов, остальные определены как санкционированные свалки для временного размещения и хранения ТБО.

5. Все более актуальными становятся проблемы обеспечения благоприятной экологической обстановки в крупных городах области. Автотранспорт стал приоритетным фактором негативного воздействия на качество атмосферного воздуха. В целом техногенная нагрузка на воздушный бассейн остается высокой, а ситуация по уровню загрязнения воздушного бассейна в Пензенской области из года в год остается напряженной.

За последние пять лет (2007 – 2011 гг.) выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников увеличились на 10,451 тыс. т (9,5 %).

6. Сохраняется угроза возникновения ЧС с экологическими последствиями. Статистика прошлых лет свидетельствует, что не исключены ЧС, связанные с прохождением паводков и вероятными прохождениями ураганов, на магистральных нефтепродуктопроводах и газопроводах, на объектах хранения и реализации нефтепродуктов, на железнодорожном и автомобильном транспорте; на объектах хранения жидких отходов (прежде всего – навозосодержащих стоков), на объектах очистки сточных вод.

7. Имеет место ряд проблем в области охраны, восстановления и использования отдельных видов природных ресурсов, в том числе в интересах обеспечения экономической безопасности региона. В этой сфере продолжают иметь место факты несанкционированного природопользования и браконьерства.

8. Вызывает тревогу низкий уровень экологической культуры населения, природопользователей и лиц, принимающих решения.

При такой ситуации дальнейший рост объемов производства в ближайшей перспективе неизбежно приведёт к более значительному и быстрому ухудшению экологической обстановки и увеличению риска масштабных негативных воздействий на окружающую природную среду.

В связи с изложенным предлагается в основу экологической стратегии и политики, реализуемой на региональном уровне, положить принцип поддержания экологической и природно-ресурсной самообеспеченности региона. В этом случае иерархизированную стратегическую цель природоохранной политики, реализуемой на территории Пензенской области, предлагаются определить следующей системой взаимосвязанных целей:

1. Предотвращение и минимизация интегрального ущерба (экономического, социального и экологического), возникающего вследствие загрязнения окружающей среды, продуктов питания и предметов потребления, разрушения средообразующих подсистем биосфера, подрыва экологической самообеспеченности региона, предполагающие:

1.1. Минимизацию антропогенно-техногенных и естественных негативных воздействий на качество отдельных компонентов окружающей среды, продуктов питания и предметов потребления;

1.2. Экологическую санацию и реабилитацию загрязненных и нарушенных компонентов окружающей среды, включая целостные экосистемы, продуктов питания и предметов потребления;

1.3. Защиту (активную и пассивную) населения, компонентов окружающей среды, продуктов питания и предметов потребления от воздействия негативных факторов антропогенно-техногенного и естественного характера.

2. Предотвращение и минимизация интегрального ущерба, возникающего вследствие нерационального использования природных ресурсов, подрыва ресурсной самообеспеченности региона, предполагающие:

2.1. Ограничение изъятия, преобразования (освоения), экономически эффективное использование невозобновляемых природных ресурсов;

2.2. Неистощительное изъятие и эффективное использование возобновляемых природных ресурсов;

2.3. Консервация и охрана особо ценных природных ресурсов и объектов.

Соответственно, задачи по достижению указанных целей могут быть систематизированы следующим образом:

1. Установка и соблюдение экологических и санитарно-гигиенических нормативов состояния компонентов окружающей среды, продуктов питания и предметов потребления, природных комплексов и экосистем. После реализации этих процедур, с учетом полученных результатов, требуется установка и соблюдение:

1.1. Нормативов химического воздействия загрязняющих веществ – ксенобиотиков;

1.2. Нормативов химического воздействия загрязняющих – биогенов;

1.3. Нормативов физического воздействия;

1.4. Нормативов биологического воздействия;

1.5. Нормативов совместного воздействия факторов различной природы;

1.6. Нормативов течения естественных природных процессов;

1.7. Технологических нормативов качества продуктов питания и предметов потребления;

1.8. Нормативов санации загрязнённых компонентов окружающей среды, продуктов питания и предметов потребления;

1.9. Нормативов защиты (активной и пассивной) населения, природных комплексов и экосистем;

1.10. Нормативов поддержания необходимого ассимиляционного потенциала и резистентности природных комплексов и экосистем.

2. Установка и соблюдение нормативов состояния природных ресурсов, природных комплексов и экосистем. После реализации этих процедур, с учетом полученных результатов, требуется установка и соблюдение:

2.1. Нормативов изъятия невозобновляемых природных ресурсов;

2.2. Нормативов изъятия возобновляемых природных ресурсов;

2.3. Нормативов использования природных ресурсов;

2.4. Нормативов консервации и охраны особо ценных природных ресурсов, природных комплексов и экосистем;

О ПРОБЛЕМАХ ФОРМИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ...

2.5. Нормативов искусственного преобразования природных комплексов и экосистем;

2.6. Нормативов искусственного воспроизводства природных ресурсов;

2.7. Нормативов поддержания необходимого потенциала самовоспроизводства природных ресурсов.

При этом особое внимание в ходе решения этих задач следует уделять, с одной стороны, минимизации негативных воздействий, не ассимилируемых биотой, и изъятия невозобновляемых природных ресурсов, а с другой – максимально возможному увеличению как ассимиляционного потенциала природных комплексов и экосистем, так и потенциала самовоспроизводства природных ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Данные официального сайта Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.* – <http://www.mnr.gov.ru/>.

2. *Данные официального сайта Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды Пензенской области.* – <http://www.priroda-pnz.ru/>.

3. *Данные официального сайта Управления Росприроднадзора по Пензенской области.* – <http://www.prirodnadzor-penza.ru/>.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ПОЧВАХ ПЛАВСКОГО РАДИОАКТИВНОГО ПЯТНА ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

© **Н.А. Романцова**, аспирант ФГБУ “Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН” (Россия, г. Москва)

МИКРОФЛОРА ТЕХНОГЕННОЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

© **С.Ю. Ефремова**, д.б.н., доцент, профессор кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **Л.В. Мосина**, д.б.н., профессор кафедры экологии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (Россия, г. Москва)

© **Е.А. Полянская**, к.б.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **Е.А. Парфенова**, доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В АХУНСКОМ ДЕНДРОПАРКЕ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

© **Н.И. Остробородова**, к.с-х.н., доцент кафедры “Растениеводства и лесного хозяйства” ФГБОУ ВПО “Пензенская государственная сельскохозяйственная академия” (Россия, г. Пенза)

© **О.И. Уланова**, к.к.н., доцент кафедры “Экономической теории” ФГБОУ ВПО “Пензенская государственная сельскохозяйственная академия” (Россия, г. Пенза)

ТЕХНОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА АТМОСФЕРУ И ГИДРОСФЕРУ В ПРОИЗВОДСТВЕ 7-АЦК

© **К.Р. Тарапцева**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **М.И. Яхкинд**, к.т.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

ВЛИЯНИЕ ГЕОПАТОГЕННЫХ ЗОН НА УРОВЕНЬ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НАСЕЛЕНИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

© **О.Е. Зотова**, ст. преподаватель кафедры Прикладной экологии и охраны окружающей среды Кольского филиала ФГБУ ВПО РФ “Петрозаводский государственный университет” (Россия, г. Апатиты, Мурманской области)

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СООБЩЕСТВА РАКОВИННЫХ АМЕБ В ЗАБОЛОЧЕННОМ ЛЕСУ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

© **А.С. Трулова**, магистрант кафедры зоологии и экологии Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского (Россия, г. Пенза)

© **О.А. Митяева**, к.б.н., доцент, Пензенский филиал Международного независимого эколого-политологического университета (Россия, г. Пенза)

© **Ю.А. Мазей**, д.б.н., профессор, проректор по учебной работе Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского (Россия, г. Пенза)

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ

© **А.Х. Шеуджен**, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой агрохимии ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный аграрный университет” (Россия, г. Краснодар)

© **Л.М. Онищенко**, к.с-х.н., профессор кафедры агрохимии, ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный аграрный университет” (Россия, г. Краснодар)

© **Ю.А. Исупова**, аспирант ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный аграрный университет” (Россия, г. Краснодар)

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ, КАК ИСТОЧНИК ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

© **В.А. Казаков**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Защита в чрезвычайных ситуациях” Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства” (Россия, г. Пенза)

© **О.С. Виноградов**, к.т.н., доцент кафедры “Защита в чрезвычайных ситуациях” Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства” (Россия, г. Пенза)

© **Н.А. Виноградова**, к.т.н., доцент кафедры “Защита в чрезвычайных ситуациях” Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства” (Россия, г. Пенза)

© **Б.Л. Таранцева**, ассистент кафедры “Защита в чрезвычайных ситуациях” Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства” (Россия, г. Пенза)

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА

© **В.И. Костюк**, д.б.н., главный научный сотрудник Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского НЦ РАН (Россия, г. Апатиты, Мурманской области)

© **Е.Е. Кислых**, д.б.н., профессор кафедры Прикладной экологии и охраны окружающей среды Кольского филиала ФГБУ ВПО РФ “Петрозаводский государственный университет” (Россия, г. Апатиты, Мурманской области)

МИГРАЦИЯ КАДМИЯ, КАЛЬЦИЯ И МАГНИЯ ИЗ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

© **Н.А. Комарова**, к.б.н., доцент кафедры экологии Владимирского государственного университета (Россия, г. Владимир)

ПРОБЛЕМА ТЕРМАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

© **О.А. Логвина**, к.т.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **Н.Я. Бубнова**, доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **А.А. Горячева**, к.с-х.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **Ю.О. Логвин**, магистрант кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© А.О. Мызников, аспирант кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

ПОКАЗАТЕЛИ БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

© Е.А. Парфенова, доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© С.Ю. Ефремова, д.б.н., доцент, профессор кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

НАКОПЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИРОДНЫХ И АГРОГЕННЫХ ТРАВЯНИСТЫХ ЭКОСИСТЕМ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ ТУЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

© Н.А. Романцова, аспирант ФГБУ “Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН” (Россия, г. Москва)

© Т.А. Парамонова, к.б.н., ст. преподаватель кафедры Радиоэкологии и экотоксикологии, факультет Почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова (Россия, г. Москва)

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

© К.Р. Таранцева, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© О.В. Фирсова, магистрант кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

© О.А. Логвина, к.т.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность” Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ВОДЫ В ТЕМНЫХ НЕФТЕПРОДУКТАХ

© **К.В. Таранцев**, к.т.н., доцент, профессор кафедры технология машиностроения, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза)

© **А.В. Коростелева**, доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

© **Т.В. Истомина**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Информационные технологии и менеджмент в медицинских и биотехнических системах”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **О.А. Мещеряков**, аспирант кафедры “Информационные технологии и менеджмент в медицинских и биотехнических системах”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ОТ ГРУППЫ ИСТОЧНИКОВ

© **В.А. Казаков**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Защита в чрезвычайных ситуациях”, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства” (Россия, г. Пенза)

© **О.С. Виноградов**, к.т.н., доцент кафедры “Защита в чрезвычайных ситуациях”, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства” (Россия, г. Пенза)

© **Н.А. Виноградова**, к.т.н., доцент кафедры “Защита в чрезвычайных ситуациях”, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства” (Россия, г. Пенза)

© **Г.Р. Погодин**, аспирант кафедры “Защита в чрезвычайных ситуациях”, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства” (Россия, г. Пенза)

© **Б.Л. Таранцева**, ассистент кафедры “Защита в чрезвычайных ситуациях”, Пензенский региональный центр высшей школы (филиал) ФГБОУ ВПО “Российский государственный университет инновационных технологий и предпринимательства” (Россия, г. Пенза)

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТЕРИЛИЗАЦИОННЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

© **А.А. Матюнин**, аспирант кафедры “Информационные технологии и менеджмент в медицинских и биотехнических системах”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **Т.В. Истомина**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Информационные технологии и менеджмент в медицинских и биотехнических системах”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И РИСКОВ НА ГАЗОПРОВОДАХ

© **Ю.О. Логвин**, магистрант кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **К.Р. Таранцева**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **О.А. Логвина**, к.т.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **В.В. Коновалов**, д.т.н., профессор кафедры ТиПМ, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ГЕМОСТАЗА

© **М.А. Сидорова**, к.т.н., доцент кафедры “Информационные технологии и менеджмент в медицинских и биотехнических системах”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **Н.А. Сержантова**, ст. преподаватель кафедры “Информационные технологии и менеджмент в медицинских и биотехнических системах”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА КАПЕЛЬ ВОДЫ НА КРИТИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ НАЧАЛА ИХ РАЗРУШЕНИЯ В ЭМУЛЬСИЯХ

© **К.В. Таранцев**, к.т.н., доцент, профессор кафедры технология машиностроения, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза)

© **А.В. Коростелева**, доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

РОЛЬ ИММУНО – БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ С КАРДИОПАТОЛОГИЕЙ

- © **Н.Ю. Келина**, д.б.н., зав. кафедрой “Биологии, биохимии и экологии”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)
- © **В.В. Пикулин**, к.т.н., доцент, профессор кафедры “Прикладная информатика”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)
- © **Т.Ю. Мамелина**, ст. преподаватель кафедры “Биологии, биохимии и экологии”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)
- © **О.А. Куликова**, ст. преподаватель кафедры “Биологии, биохимии и экологии”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)
- © **С.Н. Петроченко**, к.б.н., ст. научный сотрудник, отдела иммунохимии ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)
- © **В.С. Морозова**, к.б.н., научный сотрудник, отдела иммунохимии ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)
- © **М.А. Мягкова**, д.б.н., профессор, руководитель отдела иммунохимии ИФАВ РАН (г. Черноголовка, Россия)

СПОСОБЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ

- © **К.В. Таранцев**, к.т.н., доцент, профессор кафедры технология машиностроения, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза)
- © **Е.Г. Красная**, к.т.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

НАНОСИСТЕМЫ ДЛЯ БУККАЛЬНОЙ И СУБЛИНГВАЛЬНОЙ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВ

- © **М.И. Яхкинд**, к.т.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)
- © **К.Р. Таранцева**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

- © **В.В. Коновалов**, д.т.н., профессор кафедры ТиПМ, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **О.А. Логвина**, к.т.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенской государственной технологической академии (Россия, г. Пенза)

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ

© **К.В. Таранцев**, к.т.н., доцент, профессор кафедры технология машиностроения, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза)

© **И.А. Прошин**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой автоматизации и управления, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

СИСТЕМНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОСИСТЕМ

© **И.А. Прошин**, д.т.н., доцент, зав. кафедрой “Автоматизация и управление” Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **П.В. Сюлин**, аспирант, кафедры “Автоматизация и управление” Пензенская государственная технологическая академия (г. Пенза, Россия)

© **К.В. Таранцев**, к.т.н., доцент, профессор кафедры технология машиностроения Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза)

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

© **Е.Л. Лебедев**, преподаватель кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность” Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **Т.А. Шарков**, магистрант кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность” Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **Б.Л. Таранцева**, магистрант кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность” Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙ НА ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ ХИМИИ, НЕФТЕХИМИИ И ТРАНСПОРТА – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ЭКОСИСТЕМ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

© **Н.И. Николайкин**, д.т.н., доцент, профессор Московского государственного технического университета гражданской авиации (Россия, г. Москва)

© Ю.Г. Худяков, ведущий инженер Московского государственного технического университета гражданской авиации (Россия, г. Москва)

© В.П. Макаров, аспирант Московского государственного технического университета гражданской авиации (Россия, г. Москва)

АНАЛИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРОИЗВОДСТВ В-ЛАКТАМОВ И СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

© К.Р. Тарапанцева, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© М.А. Марынова, ст. преподаватель кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© М.И. Яхкинд, к.т.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАСТИММАССОВЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

© Т.А. Шарков, магистрант кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© С.Ю. Ефремова, д.б.н., доцент, профессор кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© О.Г. Курочкина, к.с-х.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© Е.Л. Лебедев, преподаватель кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОКОВ ОТ СОЕДИНЕНИЙ ШЕСТИВАЛЕНТНОГО ХРОМА

© К.Р. Тарапанцева, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© А.Д. Николотов, ФГУП ФНПЦ “ПО “Старт им. М.В. ПРОЦЕНКО”
(г. Заречный, Пензенской области, Россия)

© А.А. Сергунов, ФГУП ФНПЦ “ПО “Старт им. М.В. ПРОЦЕНКО”
(г. Заречный, Пензенской области, Россия)

УТИЛИЗАЦИЯ СЕРЫ КАК ОТХОДА ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ ПРИ ИЗГО-ТОВЛЕНИИ РАДИАЦИОННО-ЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

© А.Н. Бормотов, к.т.н., доцент, профессор кафедры автоматизации и управления Пензенской государственной технологической академии (Россия, г. Пенза)

© Е.А. Колобова, аспирант кафедры автоматизации и управления Пензенской государственной технологической академии (Россия, г. Пенза)

СНИЖЕНИЕ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПОЧВЕННОМ СЛОЕ ПОЛОСЫ ОТВОДА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

© И.Ю. Крошечкина, ст. преподаватель кафедры Техносферная безопасность, Московский Государственный университет путей сообщения (Россия, г. Москва)

© Н.И. Зубрев, к.т.н, профессор кафедры Техносферная безопасность, Московский Государственный университет путей сообщения (Россия, г. Москва)

© Э.В. Чеботарева, к.ф-м.н., доцент кафедры Высшая и прикладная математика, Московский Государственный университет путей сообщения (Россия, г. Москва)

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

© А.Б. Терентьев, к.т.н., доцент кафедры пищевые производства, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© А.А. Баклин, к.т.н., доцент кафедры техническое управление качеством, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© В.М. Голощапов, к.т.н., доцент, инженер ЦУНИД, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© К.Ю. Мокроусова, аспирант кафедры пищевые производства, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© С.В. Чекайкин, к.т.н., доцент кафедры организации и безопасности движения, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (Россия, г. Пенза)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В КАРТОФЕЛЕВОДСТВЕ

© **А.В. Кравченко**, к.с-х.н., с.н.с., ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Россия, Московская обл., Люберецкий район, п. Красково)

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОРТОИЗУЧЕНИЕ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

© **Н.И. Остробородова**, к.с-х.н., доцент кафедры “Растениеводства и лесного хозяйства” ФГБОУ ВПО “Пензенская государственная сельскохозяйственная академия” (Россия, г. Пенза)

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОЙ И ЭНЗИМАТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ 7-АЦК

© **К.Р. Таранцева**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© **М.И. Яхкинд**, к.т.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

РЕГУЛИРОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ КАРТОФЕЛЯ В АДАПТИВНО-БИОЛОГИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

© **Л.С. Федотова**, д.с-х.н., профессор, заведующая отделом ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Россия, Московская обл., Люберецкий район, п. Красково)

© **А.В. Кравченко**, к.с-х.н., с.н.с., ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Россия, Московская обл., Люберецкий район, п. Красково)

ВЛИЯНИЕ СИДЕРАТОВ СОВМЕСТНО С МИНЕРАЛЬНЫМИ И БАКТЕРИАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ И ПЛОДОРОДИЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА

© **Л.С. Федотова**, д.с.-х.н., профессор, заведующая отделом, ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Россия, Московская обл., Люберецкий район, п. Красково)

© **А.В. Подборонов**, соискатель ВНИИКХ им. А.Г. Лорха (Россия, Московская обл., Люберецкий район, п. Красково)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ С МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РИСА

© С.В. Кизинек, директор ФГУП РПЗ “Красноармейский” им. А.И. Майстренко Россельхозакадемии (Россия, Краснодар)

© А.Н. Бурунов, соискатель ВНИИА РАСХН, генеральный директор ООО “Стимул” (Россия, г. Н-Новгород)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ НА ОПОДЗОЛЕННЫХ И ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ

© И.А. Шильников, д.с-х.н., профессор, зав. отделом химической мелиорации ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (Россия, г. Москва)

© Н.И. Аканова, д.б.н., профессор, г.н.с., ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (Россия, г. Москва)

© С.В. Кизинёк, директор ФГУП РПЗ “Красноармейский” им. А.И. Майстренко Россельхозакадемии (Россия, Краснодар)

© Г.Е. Гришин, ФГБОУ ВПО “Пензенская государственная сельскохозяйственная академия”

© Н.Ф. Лунина, к.с-х.н., доцент кафедры агрохимии и экологии имени В.Н. Ефимова ФГБОУ ВПО “Санкт-Петербургский государственный аграрный университет” (Россия, С-Петербург, Пушкин)

© М.Ю. Локтионов, начальник отдела агрохимического сервиса ОАО “Минерально-химическая компания “ЕвроХим” (Россия г. Москва)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ И СРОКОВ ВНЕСЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ МЕЛИОРАНТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

© Н.А. Зеленов, к.с-х.н., докторант ВНИИА агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (Россия, г. Москва)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЕМОВ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

© Е.А. Полянская, к.б.н., доцент кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© С.Ю. Ефремова, д.б.н., доцент, профессор кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность”, Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА, КАК КОМПЛЕКСНОГО МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ, В РИСОВЫХ СЕВООБОРОТАХ НА ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВАХ

© С.В. Кизинек, директор ФГУП РПЗ “Красноармейский” им. А.И. Майстренко Россельхозакадемии (Россия, г. Краснодар)

© А.Х. Шеуджен, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой агрохимии ФГБОУ ВПО “Кубанский государственный аграрный университет” (Россия, г. Краснодар)

© М.Ю. Локтионов, начальник отдела агрохимического сервиса ОАО “Минерально-химическая компания “ЕвроХим” (Россия г. Москва)

О ПРОБЛЕМАХ ФОРМИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

© Е.Л. Лебедев, преподаватель кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность” Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© Т.А. Шарков, магистрант кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность” Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© Б.Л. Таранцева, магистрант кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность” Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

© О.В. Фирсова, магистрант кафедры “Биотехнологии и техносферная безопасность” Пензенская государственная технологическая академия (Россия, г. Пенза)

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

XXI век: итоги прошлого
и проблемы настоящего *плюс*

Периодическое научное издание

Серия: технические науки

Редактор Л.Ю. Горюнова
Компьютерная верстка Д.Б. Фатеева, Е.В. Рязановой

Сдано в производство . Формат 60x84 1/₁₆
Бумага типогр. №1. Печать трафаретная. Шрифт Times New Roman Cyr.
Усл. печ. л. , . Уч.-изд. л. , . Заказ № . Тираж .

Пензенская государственная технологическая академия.
440605, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ ул. Гагарина, 1^а/11.