

---

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---



ISSN 2221-951X

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

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

**Периодическое научное издание**

**Серия: Экология**

**01(17)/2014**

**Пенза  
ПензГТУ  
2014**

---

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

«XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2014. – №01(17). – 272 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.



---

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

ISSN 2221-951X

**SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL JOURNAL**

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

**Scientific Periodical**

**Series: Ecology**

**01(17)/2014**

**Penza  
PenzSTU  
2014**

---

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL  
JOURNAL

«XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus». Scientific periodical. – Penza: PenzSTU Publishing House, 2014. – № 01(17). – 272 с.

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 © Penza State Technological University, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

### СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

<b>ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ УКРАИНСКОЙ МИНОГИ <i>EUDONTOMYZON MARIAE</i> НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ГРАНИЦЕ АРЕАЛА ПО ДАННЫМ СЕКВЕНИРОВАНИЯ КОНТРОЛЬНОГО РЕГИОНА мтДНК .....</b>	<b>17</b>
© <i>А.С. Ермаков, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Б.А. Лёвин, Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (п. Борок, Россия)</i>	
© <i>О.А. Ермаков, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)</i>	
<b>ВЫРАЩИВАНИЕ КАЛЕНДУЛЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО СЫРЬЯ .....</b>	<b>21</b>
© <i>В.А. Гущина, Пензенская государственная сельскохозяйствен- ная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Л.Е. Вельмисева, ГНУ Пензенский НИИСХ Россельхозакаде- мии (Пензенская область, р.п. Лунино, Россия)</i>	
© <i>Е.Н. Вельмисева, ФГБУ ГЦАС «Пензенский», (г. Пенза, Россия)</i>	
<b>КАДАСТР СОВРЕМЕННЫХ ТОЧЕК НАХОДОК ПОСЕЛЕНИЙ СТЕПНОГО СУРКА (МАРМОТА ВОВАК MÜLLER, 1776) В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ .....</b>	<b>27</b>
© <i>Р.В. Наумов, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.А. Кузьмин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>С.В. Титов, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)</i>	
<b>ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ .....</b>	<b>33</b>
© <i>Н.И. Остробородова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>О.И. Уланова, Пензенская государственная сельскохозяй- ственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	

<b>ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ОВСА .....</b>	<b>37</b>
© <i>Д.Е. Борисков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>С.В. Зиновьев, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.А. Блинохватов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
 <b>ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНОВ И ИХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ КУЛЬТУР БАЗИДАЛЬНЫХ ГРИБОВ КСИЛОТРОФОВ .....</b>	<b>41</b>
© <i>С.А. Сашенкова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Г.В. Ильина, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
 <b>ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ СЕМЯН МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ .....</b>	<b>47</b>
© <i>В.А. Вихрева, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.А. Блинохватов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Е.В. Надежкина, Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)</i>	
© <i>С.В. Зиновьев, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
 <b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТНОШЕНИЙ БОЛЬШОГО И КРАПЧАТОГО СУСЛИКОВ В ЗОНЕ СИМПАТРИИ И ИХ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ПОПУЛЯЦИОННЫХ УСЛОВИЙ .....</b>	<b>49</b>
© <i>А.А. Кузьмин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.А. Шмыров, Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (г. Москва, Россия)</i>	
© <i>С.В. Титов, Пензенский государственный университет, Пенза, Россия</i>	

<b>НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СУТОЧНОГО РИТМА АКТИВНОСТИ ДИКОГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ (<i>Rangifer tarandus L.</i>) КАК ОТКЛИК НА ВНЕШНИЕ ФАКТОРЫ БЕСПОКОЙСТВА .....</b>	<b>57</b>
© <i>Н.В. Малыгина</i> , Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург, Россия)	

## **РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ: НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

<b>ПРОБЛЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ АКВАТОРИИ ОЗЕРА МОХОВОЕ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОСЕЛКА ЛЕОНИДОВКА ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ .....</b>	<b>63</b>
© <i>Е.А. Дудкин</i> , Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)	
© <i>А.И. Иванов</i> , Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)	
© <i>А.А. Костычев</i> , филиал РЦГЭКиМ по Пензенской области ФБУ «ГосНИИЭНП» (г. Пенза, Россия)	

<b>ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКИЕ И ПРИРОДООХРАННЫЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ .....</b>	<b>67</b>
© <i>И.А. Шильников</i> , ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)	
© <i>Н.А. Кирпичников</i> , ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)	
© <i>Н.И. Аканова</i> , ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)	
© <i>Н.А. Зеленов</i> , МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва, Россия)	
© <i>Н.Ф. Лунина</i> , ГАУ (г. Санкт-Петербург, Пушкин, Россия)	
© <i>С.Ю. Ефремова</i> , Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)	

<b>АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО ФОСФОГИПСА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ .....</b>	<b>74</b>
© <i>Е.П. Добрыднев</i> , ООО «ЕвроХим – Белореченские удобрения» (г. Краснодар, Россия)	
© <i>А.Х. Шеуджен</i> , ГНУ ВНИИ риса (г. Краснодар, Россия)	
© <i>М.Ю. Локтионов</i> , ОАО «Минерально-химическая компания»	

«ЕвроХим» (г. Краснодар, Россия)  
 © **Н.И. Аканова**, ГНУ ВНИИ агрохимии имени  
 Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)  
 © **А.Н. Лиманский**, ООО «Агроцентр Еврохим-Краснодар»  
 (г. Краснодар, Россия)  
 © **Л.М. Онищенко**, Кубанский государственный аграрный  
 университет (г. Краснодар, Россия)  
 © **Ю.Н. Ашинов**, Майкопский государственный технологический  
 университет (г. Майкоп, Россия)

**ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ  
 МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ  
 НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ  
 ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ..... 80**

© **Л.С. Федотова**, ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха  
 (г. Москва, Россия)  
 © **А.В. Селиванов**, ООО «Агрофирма «Слава картофелю»  
 (Россия, Республика Чувашия)

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РИЗОТОРФИНА  
 В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ  
 ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ  
 НА ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЁМЕ  
 ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 85**

© **Н.И. Аканова**, ГНУ ВНИИ агрохимии имени  
 Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)  
 © **Е.Д. Двойникова**, ГНУ ВНИИ агрохимии имени  
 Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ ХЛОР- И МАГНИЙ-,  
 СЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ  
 НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ ..... 91**

© **Я.В. Докишин**, ВНИИ картофельного хозяйства  
 им. А.Г. Лорха (г. Москва, Россия)  
 © **Л.С. Федотова**, ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха  
 (г. Москва, Россия)

**ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ  
 ПЕРЕРАБОТКИ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ..... 97**

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



<b>КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ БАЛЛАСТНОГО СЛОЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА .....</b>	<b>100</b>
© <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>	
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ</b>	<b>103</b>
© <i>Е.Г. Куликова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>С.Ю. Ефремова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
<b>ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ КОМПОЗИТОВ .....</b>	<b>109</b>
© <i>А.Н. Бормотов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>С.В. Тюрденева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
<b>БИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ...</b>	<b>113</b>
© <i>И.Б. Джакупова, Алматинский Технологический Университет (г. Алматы Казахстан)</i>	
© <i>Г.С. Султангазиева, Алматинский Технологический Университет (г. Алматы Казахстан)</i>	
© <i>А.Ж. Божбанов, Алматинский Технологический Университет (г. Алматы Казахстан)</i>	
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И МОДЕЛИ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ, ЭКОЛОГИИ, ПРОМЫШЛЕННОСТИ И МЕДИЦИНЕ</b>	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ .....</b>	<b>118</b>
© <i>Е.А. Бухарова, Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического</i>	

университета имени Гагарина Ю.А. (г. Энгельс, Россия)  
© **Е.А. Татаринцева**, Энгельсский технологический институт  
(филиал) Саратовского государственного технического  
университета имени Гагарина Ю.А. (г. Энгельс, Россия)  
© **Л.Н. Ольшанская**, Энгельсский технологический  
институт (филиал) Саратовского государственного техническо-  
го университета имени Гагарина Ю.А. (г. Энгельс, Россия)

**ПОДБОР КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА РЕЦИКЛИНГА  
РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ..... 122**

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

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ  
ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ  
КАТИОНОВ И ВНЕШНИХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ  
НА ПРОЦЕССЫ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ ..... 125**

© **Л.Н. Ольшанская**, Энгельсский технологический  
институт (филиал) Саратовского государственного техническо-  
го университета (г. Саратов, Россия)  
© **О.В. Титоренко**, Энгельсский технологический институт  
(филиал) ФГБОУ ВПО Саратовского государственного техниче-  
ского университета (г. Саратов, Россия)  
© **А.С. Халиева**, Энгельсский технологический институт  
(филиал), Саратовского государственного технического универ-  
ситета (г. Саратов, Россия)

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ И НАПРАВЛЕНИЙ УТИЛИЗАЦИИ  
РЕЗИНОСОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ..... 131**

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

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ  
БОЛЬНОГО В МЕДИЦИНЕ КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ..... 135**

© **А.И. Сафронов**, Пензенский государственный технологический

университет (г. Пенза, Россия)

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

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

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

**АНАЛИЗ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ  
В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 137**

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

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ КЛИНИКО-  
БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА  
У БОЛЬНЫХ ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ  
С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФОНА РЕГИОНА ..... 143**

© **Н.Ю. Келина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **Т.Ю. Мамелина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **С.Н. Чичкин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**ОБОСНОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ  
И КОЛИЧЕСТВА ЛОПАСТЕЙ МЕШАЛОК  
ВИБРОКОНВЕЙЕРА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ЗЕРНА ..... 148**

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

© **Е.В. Паужолис**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (Пенза, Россия)

© **В.П. Терюшков**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (Пенза, Россия)

© **А.В. Чупшев**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (Пенза, Россия)

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМПУЛЬСНОЙ  
ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ ВНУТРЕННЕЙ  
ПОВЕРХНОСТИ СОСУДОВ ..... 155**

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

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

**РАСЧЁТ ЗАПАСОВ МЕДИЦИНСКИХ СИЛ И СРЕДСТВ  
ПРИ АВАРИИ С ВЗРЫВООПАСНЫМИ АХОВ ..... 159**

- © **А.В. Ключин**, Саратовский ГТУ им. Ю. Гагарина  
(г. Саратов, Россия)
- © **С.М. Рогачева**, Саратовский ГТУ им. Ю. Гагарина  
(г. Саратов, Россия)
- © **С.И. Баулин**, Саратовский ГТУ им. Ю. Гагарина  
(г. Саратов, Россия)
- © **Ю.А. Егорова**, филиал ФБУ «ФУ БХУХО» в/ч 21222  
(г. Пенза, Россия)
- © **А.Г. Горохова**, филиал ФБУ «ФУ БХУХО» в/ч 21222  
(г. Пенза, Россия)

**ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИСКОВ  
НА РАБОТУ ПЛЮЩИЛКИ ЗЕРНА ..... 165**

- © **М.А. Терёхин**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- © **В.П. Терюшков**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- © **В.В. Коновалов**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **А.В. Чупишев**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК ..... 171**

- © **Т.В. Истомина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **О.А. Мецераков**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Д.А. Фильченков**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **С.Г. Ларина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**СТРУКТУРА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
СИСТЕМЫ ДЛЯ ИММУНО-БИОХИМИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ ..... 174**

- © **В.Н. Елизаров**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Н.Ю. Келина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **В.В. Пикулин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **С.Н. Чичкин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС  
ДЛЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ  
МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ..... 179**

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

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ  
МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ ..... 184**

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

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

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

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ОЦЕНКИ  
УРОВНЯ ЗДОРОВЬЯ ..... 190**

© **Н.Ю. Келина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

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

© **С.Н. Чичкин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **Т.Ю. Мамелина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**КЛИНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАБИЛОГРАФА  
ДЛЯ ПОИСКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ  
АДЕКВАТНОСТИ АНЕСТЕЗИИ ..... 193**

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

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

© **В.Г. Васильков**, Пензенский институт усовершенствования врачей МЗ РФ (г. Пенза, Россия)

© **С.А. Карпицкая**, Пензенский институт усовершенствования врачей МЗ РФ (г. Пенза, Россия)

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЕЗНИ КАК РЕЗУЛЬТАТА  
НАРУШЕНИЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА ..... 196**

© *Н.Ю. Келина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

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

© *С.Н. Петроченко, Институт физиологически активных веществ Российской академии наук (г. Москва, Россия)*

© *М.А. Мягкова, Институт физиологически активных веществ Российской академии наук (г. Москва, Россия)*

© *Т.Ю. Мамелина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА  
РАЗРУШЕНИЯ И СЛИЯНИЯ КАПЕЛЬ  
В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ ..... 201**

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

© *Д.Д. Токарев, Пензенский государственный университет*

© *Э.Р. Эмурлаева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

**ОБЗОР МЕТОДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИНТРОСКОПИИ  
ПРИМЕНЯЕМЫХ В ГЕОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ ..... 206**

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

**ПРИНЦИПЫ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ  
СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНДИКАТОРОВ  
ЭКОДИНАМИКИ ..... 215**

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

© *Д.И. Прошин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

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

**УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА  
ДЛЯ МУЛЬТИДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПИЛОТА ..... 220**

© *Т.В. Истомина, Московский Авиационный Институт Научный Исследовательский Университет (г. Москва, Россия)*

© *Н.Н. Гусева, Московский Авиационный Институт Научный Исследовательский Университет (г. Москва, Россия)*

© *А.Д. Грибанов*, Московский Авиационный Институт Научный Исследовательский Университет (г. Москва, Россия)

© *В.С. Никитин*, Московский Авиационный Институт Научный Исследовательский Университет (г. Москва, Россия)

© *М.К. Козлов*, Московский Авиационный Институт Научный Исследовательский Университет (г. Москва, Россия)

**ПРИНЦИПЫ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ  
В СИСТЕМНОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ ..... 225**

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

© *Д.И. Прошин*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

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

**АНАЛИЗ ПРИЧИН КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ  
ОБОРУДОВАНИЯ В ГАЛУРГИЧЕСКОМ СПОСОБЕ  
ПРОИЗВОДСТВА КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ ..... 232**

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

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

**ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ  
В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ..... 236**

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

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

© *Ю.О. Логвин*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНДИКАТОРОВ  
В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ  
АТМОСФЕРЫ ..... 242**

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

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ АЦЕТОНА  
В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦИНКОВОЙ СОЛИ  
ЦЕФАЛОСПОРИНА С ..... 253**

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

*университет (г. Пенза, Россия)*

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

**СПОСОБ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ГРУНТА ЗАГРЯЗНЕННОГО НЕФТЕПРОДУКТАМИ МЕТОДОМ ПИРОЛИЗА ..... 257**

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

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

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

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ..... 260**

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

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

© **Ю.О. Логвин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

© **С.Г. Логвин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)



---

## СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ЭКОСИСТЕМ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

---

УДК 575.832: 597.213 (471.327)

### ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ УКРАИНСКОЙ МИНОГИ *EUDONTOMYZON MARIAE* НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ГРАНИЦЕ АРЕАЛА ПО ДАННЫМ СЕКВЕНИРОВАНИЯ КОНТРОЛЬНОГО РЕГИОНА мтДНК<sup>1</sup>

© А.С. Ермаков, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

© Б.А. Лёвин, Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН  
(п. Борок, Россия)

© О.А. Ермаков, Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)

### GENETIC DIVERSITY OF UKRAINIAN BROOK LAMPREY *EUDONTOMYZON MARIAE* ON NORTH-EASTERN BORDER OF RANGE INFERRED FROM mtDNA CONTROL REGION

© A.S. Ermakov, Penza State University (Penza, Russia)

© B.A. Levin, Institute for biology of inland waters RAS (Borok, Russia)

© O.A. Ermakov, Penza State University (Penza, Russia)

Изучена генетическая изменчивость украинской миноги *Eudontomyzon mariae* на северо-восточной границе ареала. Определена первичная последовательность фрагмента контрольного региона мтДНК (652 пн) у 46 экземпляров из 10 точек двух речных бассейнов – Донского и Волжского. Выявлено восемь гаплотипов, три из которых встречались с наибольшей частотой. Схожее распределение частот гаплотипов у экземпляров из бассейнов Дона и Волги подтверждают относительно недавнее проникновение украинской миноги из Донского бассейна в Волжский.

**Ключевые слова:** Украинская минога, *Eudontomyzon mariae*, генетическая изменчивость, контрольный регион мтДНК, распространение

Genetic diversity of Ukrainian brook lamprey *Eudontomyzon mariae* was studied on the north-eastern border of its range using a part of control region of mtDNA (652 bp). Totally 46 specimens from 10 localities of both Don and Volga drainages were examined. Eight haplotypes were detected, three of which are most frequent. Haplotypes were distributed quite similar between Don and Volga samples that argued for recent penetration of Ukrainian brook lamprey to Volga drainage from Don tributaries.

**Key words:** Ukrainian brook lamprey, *Eudontomyzon mariae*, genetic diversity, control region mtDNA, distribution.

**E-mail:** er-mak@inbox.ru; borislyovin@mail.ru; oaermakov@list.ru

Украинская минога *Eudontomyzon mariae* (Berg, 1931) – широко распространенный в Европе вид непаразитических миног, ареал которого охватывает бассейны Эгейского, Черного, Азовского и Балтийского морей [9]. Недавно минога была обнаружена и в бассейне Каспийского моря, в частности в притоках Средней Волги [4, 10]. На территории Пензенской области вид отмечен как в бассейне Волги – в притоках Суры и Мокши, так и в бассейне Дона – в притоках Хопра и Вороны [1, 3].

На настоящий момент рассматриваются две версии пересечения украинской миногой водораздела Дона и Волги [4, 5]. Это либо человеческий фактор (перенос рыбаками пескороек в качестве наживки из одного водоема в другой), либо через так называемые “водные мосты”, которые образуются на водоразделе во время весеннего паводка. Кроме того, остается открытым вопрос о времени заселения украинской миногой рек Волжского бассейна. В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение генетической изменчивости украинской миноги из популяций, обитающих в реках верхний Донского и Волжского бассейнов.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 12-04-97073-р\_поволжье\_а).

В качестве молекулярно-генетического маркера выбран фрагмент контрольного региона митохондриальной ДНК (С-регион мтДНК). С-регион является регуляторной областью мтДНК, обладает большей изменчивостью, чем кодирующие последовательности, и традиционно используется для анализа внутривидовой изменчивости [2].

Всего проанализировано 46 экземпляров миног из 10 малых рек, семь из которых относятся к Волжскому бассейну и три к Донскому (рис. 1). Ниже перечислены названия рек, ближайшие к месту отлова населенные пункты, географические координаты и число исследованных экземпляров.

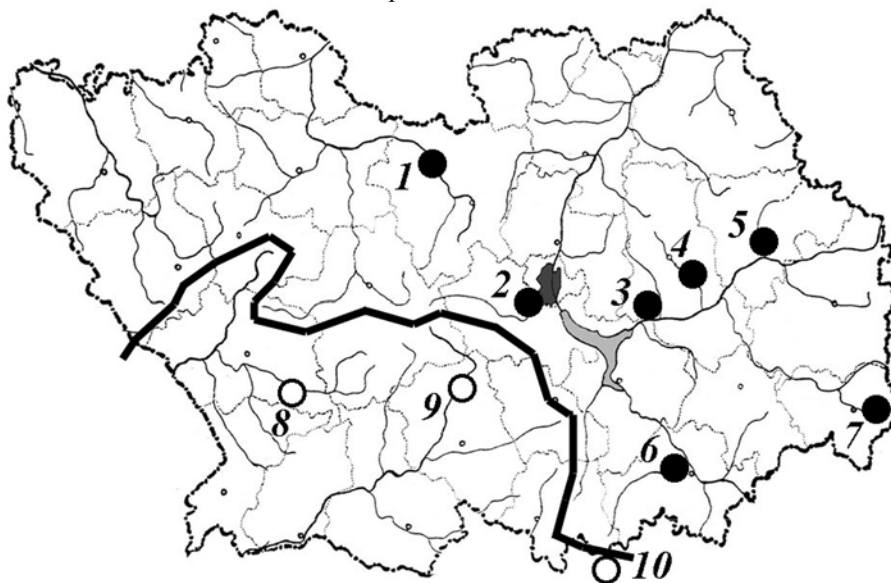


Рисунок 1 – Места сбора материала, использованного для анализа. Черные значки – популяции украинской миноги Волжского бассейна, белые – Донского бассейна, жирной линией обозначен водораздел. Номера точек на карте соответствуют номерам станций, приведенных в тексте

**Волжский бассейн:** 1 – р. Муромка, приток Мокши, д. Русская Муромка, Мокшанский р-н Пензенской обл., N53.545 E44.379, (n=5); 2 – р. Ардым, приток Суры, с. Лебедевка, Пензенский р-н Пензенской обл., N53.114 E44.978, (n=5); 3 – р. Шнаево, приток Суры, п. Красный, Городищенский р-н Пензенской обл., N53.108 E45.507, (n=1); 4 – р. Юловка, приток Суры, д. Александровка, Городищенский р-н Пензенской обл., N53.238 E45.818, (n=5); 5 – р. Тешнярь, приток Суры, Сосновоборский р-н Пензенской обл. (N53.266 E46.238) (n=6); 6 – р. Чардым, приток Узы, п. Чардым, Лопатинский р-н Пензенской обл. (N52.642 E45.755) (n=7); 7 – р. Кадада (Илим), с. Бикмурзино, Неверкинский р-н Пензенской обл. (N52.785 E46.811) (n=2);

**Донской бассейн:** 8 – р. Няньга, приток Вороны, с. Березкино, Белинский р-н Пензенской обл. (N52.862 E43.653) (n=5); 9 – р. Синеомутовка, приток Хопра, д. Кучки, Колышлейский р-н Пензенской обл. (N52.859 E44.482) (n=5); 10 – р. Тауза, приток Медведицы, с. Рузаевка, Петровский р-н Саратовской области (N52.331 E45.478) (n=5).

Для выделения ДНК использовали фрагмент плавниковой складки, зафиксированный в 96% этаноле. ДНК выделяли по стандартной методике, включающей обработку додецилсульфатом натрия (SDS) и протеиназой К при 50°C с последующими фенольно-хлороформной очисткой и осаждением охлажденным абсолютным этиловым спиртом в сильно солевой среде [11].

PCR-реакцию проводили в стандартной реакционной смеси (50 мМ трис-НСI (рН 8.9), 20 мМ сульфата аммония, 20 мкМ ЭДТА, 150 мкг/мл бычьего сывороточного альбумина, смесь дезоксинуклеозидтрифосфатов (200 мкМ каждого), 2 мМ хлористого магния, 15 пмолей праймера и 2 ед. акт. *Taq*-полимеразы) в течение 30 циклов в режиме: 94°C – 1 мин, 60°C – 1 мин, 72°C – 2 мин.



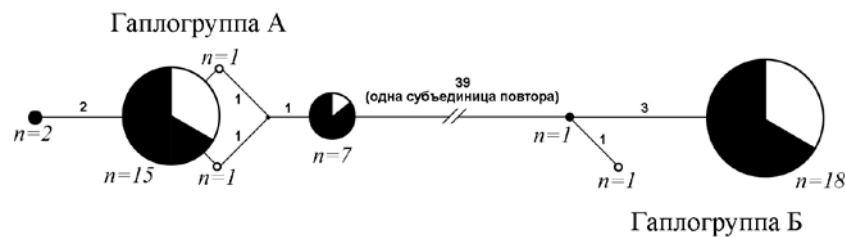


Рисунок 3 – Медианная сеть исследованных гаплотипов фрагмента контрольного региона мтДНК экземпляров украинской миноги. Размер кружков пропорционален числу образцов (n) с данным гаплотипом. На соединяющих гаплотипы линиях прямым шрифтом указано абсолютное число нуклеотидных замен. Черным и белым секторами показано соотношение экземпляров из Волжского и Донского бассейнов, соответственно

Таким образом, результаты анализа молекулярно-генетической изменчивости украинской миноги, обитающей на северо-восточном краю ареала в бассейнах Дона и Волги, позволили выявить две различные митохондриальные линии. Однако наше предположение о взаимосвязи генетической дифференциации и географической изоляции (обитание в разных речных бассейнах) не подтвердилось. И в Донском, и в Волжском бассейнах обитают миноги, среди которых одна часть экземпляров имеет гаплотипы группы А, а другая часть – гаплотипы группы Б. Кроме того, в четырех из десяти популяций выявлено совместное обитание особей разных митохондриальных линий. Не обнаружены различия и в соотношениях экземпляров из того или иного бассейна в составе двух гаплогрупп, в среднем оно оказалось близко к 1 : 2 (рис. 3). Наблюдаемое отсутствие генетической дифференциации подкрепляет гипотезу об относительно недавнем проникновении украинской миноги из Донского бассейна в Волжский.

#### Список литературы

1. Артаев О.Н., Ермаков А.С., Ручин А.Б., Ермаков О.А., Лёвин Б.А. Распространение украинской миноги (*Eudontomyzon mariae* (Berg, 1931)) на северо-восточной границе ареала // Вестник Тамбовского Университета. – 2013. – № 6. – Тамбов: ТГУ. – С. 2972–2974. – (Естественные и технические науки).
2. Банникова А.А. Молекулярная филогенетика и современная систематика млекопитающих // Журнал общей биологии. – 2004. – Т. 65. – В. 4. – С. 278–305.
3. Ермаков А.С., Артаев О.Н., Ильин И.В., Ермаков О.А., Ручин А.Б., Лёвин Б.А. Распространение украинской миноги *Eudontomyzon mariae* (Berg, 1931) в бассейнах Суры и Мокши // Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П. Г. Сидовича. – Вып. XI. – Саранск; Пушта. – 2013. – С 263–269.
4. Лёвин Б.А. Находка украинской миноги *Eudontomyzon mariae* (Petromyzontidae) в Волжском бассейне // – Вопросы ихтиологии. 2001. – Т. 41. – № 6. – С. 849–850.
5. Решетников Ю.С., Дякина Т.Н., Королев В.В. Изменения в составе рыбного населения водоемов Калужской области за последние десятилетия // Экология. – 2012. – Вып 1. – С. 55–64.
6. Almada, V. C., Pereira, A. M., Robalo, J. I., Fonseca, J. P., Levy, A., Maia, C. & Valente, A. Mitochondrial DNA fails to reveal genetic structure in sea-lampreys along European shores // Mol. Phylogenetics and Evolution. – 2008. – V. 46. – P. 391–396.
7. Bandelt H.J., Forster P., Röhl A. Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies // Mol. Biology and Evolution. – 1999. – V. 16. – P. 37–48.
8. Hall T., Therapeutics I. Biological Sequence Alignment Editor for Win 95/98/NT/2K/XP. Electron. resource. BioEdit Vers. 7.0.5. <http://www.mbio.ncsu.edu/Bio-Edit/bioedit.html>
9. Holčík J., Renaud C.B. *Eudontomyzon mariae* (Berg, 1931). P. 165–185. In J. Holčík (ed.) *The Freshwater fishes of Europe*. – 1986. – V.1. – Part I. Petromyzontiformes.

10. Levin B. A., Holčík J. *New data on the geographic distribution and ecology of the Ukrainian brook lamprey, Eudontomyzon mariae (Berg, 1931) // Folia Zool. – 2006. – Vol. 55 (3). – P. 282–286.*
11. Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. *Molecular cloning: a laboratory Manual, V. 3. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, N.Y. – 1989.*

**УДК 633.88:574 (470.40)**

**ВЫРАЩИВАНИЕ КАЛЕНДУЛЫ ЛЕКАРСТВЕННОЙ  
В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОГО  
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО СЫРЬЯ**

© **В.А. Гущина**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия  
(г. Пенза, Россия)

© **Л.Е. Вельмисева**, ГНУ Пензенский НИИСХ Россельхозакадемии  
(Пензенская область, р.п. Лунино, Россия)

© **Е.Н. Вельмисева**, ФГБУ ГЦАС «Пензенский» (г. Пенза, Россия)

**GROWING CALENDULA OFFICINALIS IN THE PENZA REGION  
FOR QUALITY ENVIRONMENTALLY FRIENDLY MATERIALS**

© **V.A. Guschina**, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)

© **L.E. Velmiseva**, Penza State Scientific Research Institute of Agriculture of the Russian  
Academy of Agricultural Sciences (Penza, Russia)

© **E.N. Velmiseva**, State Agrochemical Center of Penza (Penza, Russia)

Качество фармакологического сырья, полученного при выращивании календулы лекарственной на фоне естественного плодородия в условиях Пензенской области, отвечает требованиям, предъявляемым Государственной Фармакопеей XI изд., вып. 2, ст.5 и ст. 7. Содержание солей тяжелых металлов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) и радионуклидов в пределах ПДК.

Календула лекарственная сорта Кальта обладает ярко выраженной конкурентоспособностью по отношению к группе малолетних сорняков, возможно успешное ее выращивание при существующем уровне засоренности и проведении одной ручной прополки без применения средств химизации.

**Ключевые слова:** календула лекарственная, тяжелые металлы, радионуклиды, конкурентоспособность, экология

Pharmacological quality raw materials obtained when grown *Calendula officinalis* on the background of the natural fertility conditions in the Penza region, meet the requirements of the State Pharmacopoeia XI ed., vol. 2, Article 5 and Article 7. Contents of heavy metals (lead, cadmium, mercury, arsenic) and radionuclides within the MPC.

Due to the fact that *Calendula officinalis* varieties Kalta has a pronounced competitiveness in relation to a group of young weeds, perhaps its successful cultivation of the existing level of debris and conduct a manual weeding without the use of chemicals.

**Key words:** *Calendula officinalis*, toxic elements radionuclides, competitiveness, ecology

Лекарственные растения и получаемые из них фитопрепараты издавна используются для лечения и профилактики ряда заболеваний и приобретают всю большую популярность среди населения планеты. Агротехнические приемы возделывания лекарственных растений при экологическом производстве должны быть направлены на сокращение средств химизации. Получение высококачественного экологически чистого лекарственного сырья зависит от соблюдения всех правил экологического производства. Многие европейские страны (Германия, Дания, Швейцария, Швеция) имеют экологические хозяйства, которые специализируются на производстве лекарственных культур. В России пока единичные хозяйства занимаются таким производством. Основной сдерживающий фактор – отсутствие разработанных технологий экологического производства и переработки лекарственного растительного сырья.

В связи с этим нами были проведены исследования в области выращивания календулы лекарственной в условиях экологического земледелия, а именно, без применения гербицидов, с получением безопасного и качественного сырья в Пензенской области на землях ГНУ Пензенский НИИСХ.

При употреблении препаратов из лекарственного растительного сырья в организм человека поступает целый ряд биологически активных веществ, в том числе микро- и макроэлементы, которые оказывают комплексное влияние на здоровье человека. Одновременно с ними в организм человека могут поступать потенциально опасные химические соединения техногенного происхождения, опасные для здоровья людей [2]. Наиболее опасными являются тяжелые металлы и радионуклиды в силу их способности к миграции по биологическим цепям.

В растения тяжелые металлы поступают из почв и атмосферы в результате пылевого загрязнения и аккумулируются в тканях растений. Из почвы поступают кадмий, медь, цинк; свинец преимущественно оседает на поверхности листьев, цветков, плодов, в меньшей степени – стеблей.

В почве тяжелые металлы могут поступать со сточными водами (цинк, хром, свинец, ртуть и в меньшей степени кадмий) [5].

Тяжелые металлы обладают неодинаковой способностью к накоплению в растениях. Легко поглощаются кадмий и цинк, медь поглощается в меньшей степени; марганец и никель поглощаются слабо; труднодоступны растениям железо и др. элементы. Поэтому проблема содержания тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье привлекает внимание исследователей во всем мире.

Исследования по изучению влияния сроков посева на урожайность качественного фармакологического сырья календулы лекарственной проводились на опытном поле ГНУ Пензенский НИИСХ Россельхозакадемии на удалении от трассы с интенсивным движением транспорта «Пенза – Саранск» 100-150 м в 2011-2012 гг. Объект исследований - сорт календулы лекарственной Кальта, который был выведен в ВИЛАР методом индивидуально-семейственного отбора из возделываемых популяций. Почва опытного участка – чернозем слабовыщелоченный среднесуглинистый с содержанием гумуса 5,2%, легкогидролизуемого азота – 80...85 мг/кг, подвижного фосфора – 135...141 мг/кг, обменного калия – 154...160 мг/кг почвы.

Предшественник – чистый пар. Повторность опыта – трехкратная, размещение повторностей – ярусное. Площадь делянок – 49,5 м<sup>2</sup> (1,65х30). Посев производили сеялкой СН-11-16 с шириной междурядий 45 см. Норма высева семян – 10 кг/га. Учеты, наблюдения и анализы проведены по общепринятым методикам, определение суммы флавоноидов проводилось на кафедре фармакогнозии Самарского ГМУ по МУ «Ноготков цветки» [4]. Земли ГНУ Пензенский НИИСХ Россельхозакадемии расположены в Лунинском районе Пензенской области. Связь с областным центром осуществляется по дороге областного значения с твердым покрытием и по железной дороге. Автомагистраль Пенза – Саранск пересекает опытные поля и ограничена от них лесополосами. Расстояние от автомагистрали до опытных полей – 50-500 м. По территории района проходит транзитный нефтепровод «Пенза-Саранск» и нефтепровод-отвод к р.п. Лунино. Прохождение нефтепровода сопровождается загрязнением территории в результате утечки нефти через негерметичные соединения трубопровода, при выполнении сливно-наливных операций и развитии аварийных ситуаций.

По территории района проходит один коридор магистрального газопровода «Исса-Никольск», газопровод-отвод к с. Ломовка, распределительные газопроводы.

Загрязнение воздушного бассейна осуществляется в результате сжигания газа, во время ремонтных и монтажных работ или в результате аварийных разрывов [8].

Накопление кадмия связано с внесением в почву в виде удобрений фосфатов, которые содержат этот элемент в виде примесей, а также при развитии электронной и лакокрасочной промышленности, широко применяющей соединения данного металла.

Ртуть накапливается в почве вследствие использования ее соединений в качестве фунгицидов и при производстве целлюлозы на целлюлозно-бумажных предприятиях, откуда она попадает в окружающую среду со сточными водами и твердыми отходами.

Цинк накапливается в почве при использовании в качестве органических удобрений осадков сточных вод города, сжигания на полях и свалках отходов резины.

На землях Пензенского НИИСХ, где происходила закладка полевого опыта, был произведен замер радиоактивного излучения. Данные показывают, что мощность экспозиционной дозы гамма фона находится в пределах от 10 до 11 мкР/час (естественный фон – до 25 мкР/час) (табл.1). Основным радиоактивным загрязнителем является изотоп цезия-137 с периодом полураспада 30 лет. Плотность поверхностного загрязнения пашни этим изотопом составляет 0,46 Ки/км<sup>2</sup> (среднее значение). Максимальное ее значение на территории хозяйства не превышает 0,64 Ки/км<sup>2</sup> (естественный уровень до 1,0 Ки/ км<sup>2</sup>).

Таблица 1 – Результаты радиологического обследования почв

Вид угодий	Площадь, га	Гамма-фон, мкР/час (среднее значение)	Удельная активность, Бк/кг, (среднее значение)	Плотность поверхностного загрязнения, Ки/км <sup>2</sup> , (среднее значение)
Пашня	208	10,75	71,5	0,46
Естественные угодья	60	11,67	53,3	0,17

Следовательно, радиологическое состояние почв хозяйства не представляет опасности и позволяет вести все агротехнические работы по выращиванию календулы лекарственной без ограничения.

Соцветия календулы лекарственной являются сырьем для фармацевтической промышленности, а также используются для получения пищевого красителя и нашли широкое применение в народной медицине. С этой целью мы определяли наличие тяжелых металлов и радионуклидов в готовой продукции (сухих соцветиях календулы).

В нормативно-технической документации, регламентирующей качество лекарственного растительного сырья, отсутствуют показатели предельно допустимых концентраций токсичных соединений, которые могут накапливать растения, за исключением содержания радионуклидов цезия-137, стронция-90 для культивируемых видов [3]. В связи с этим для определения тяжелых металлов нами был выбран СанПин 2.3.2.1078-01 (п.1.10.7 БАД на растительной основе сухие (чай)), так как водорастворимые формы химических элементов легче переходят в пищевую цепь, то есть обладают большей биодоступностью для организмов.

Таблица 2 – Безопасность лекарственного сырья календулы, полученного при проведении исследований

Наименование анализируемого показателя	Наименование НД на метод испытания	Результат измерений (ед.измер.)	ПДК
Тяжелые металлы			
Свинец	ГОСТ 301 78-96	0,17 мг/кг	6,0 мг/кг
Кадмий	ГОСТ 301 78-96	0,012 мг/кг	1,0 мг/кг
Ртуть	МУ 5178-90	0,0021 мг/кг	0,1 мг/кг
Мышьяк	ГОСТ 26930-86	0,19 мг/кг	0,5 мг/кг
Радионуклиды			
Цезий – 137	МУК 2.6. 1.1 194-03	3,0 Бк/кг	200 Бк/кг
Стронций – 90	МУК 2.6. 1.1 194-03	1,7Бк/кг	100 Бк/кг

Лекарственное сырьё календулы слабо аккумулирует тяжелые металлы и радионуклиды цезия – 137 и стронция – 90 (табл.2), то есть содержание токсичных элементов не превышает ПДК и поэтому может характеризоваться как экологически чистая продукция и фармакологическое сырьё, что соответствует СанПин 2.3.2.1078-01 (п.1.10.7) и ОФС 42 -0013-03.

Лечебные свойства календулы обусловлены наличием в сырье комплекса биологически активных соединений (БАС), а именно: каротиноидов, флавоноидов, тритерпеновых сапонинов и целого ряда сопутствующих веществ [10]. По данным Пеневой П. с соавторстве [7], количество флавоноидов в соцветиях календулы колеблется в пределах от 28 до 75 мкг/100мг или 2,8-7,5% сухого вещества, большее содержание наблюдается в маховых оранжевых соцветиях.

Содержание каротина в опытных образцах составляет 290 мг/кг абсолютно сухого вещества и 3,8 % флавоноидов (табл.3).

Таблица 3 – Содержание каротина и суммы флавоноидов в пересчете на рутин и абсолютно сухое сырье

Показатели качества	Наименование НД на метод испытания	Результат измерений (ед.измер.)
Каротин	ГОСТ 13496.17-92	290 мг/кг
Флавоноиды	МУ «Нюготков цветки» (Куркин, 2007)	3,8 %

При изучении особенностей выращивания лекарственного растительного сырья необходимо определить конкурентоспособность культуры, в нашем случае календулы лекарственной, по отношению к сорнякам без применения гербицидов, так как наличие остаточного количества пестицидов в лекарственном сырье, согласно нормативной документации, недопустимо.

В экологическом земледелии не стремятся к выращиванию травостоев культурных растений, абсолютно свободных от сорняков. Цель борьбы с сорняками состоит в том, чтобы оставлять такое их количество, когда они скорее способствовали бы росту культурных растений, нежели их угнетению. Кроме этого сорняки не должны препятствовать проведению мероприятий по уходу и сбору урожая [6].

Немаловажную роль играет видовой состав сорняков. В посевах календулы состав малолетних сорняков представлен яровыми ранними и поздними сорняками: марь белая (*Chenopodium album*); горец птичий (*Polygonum aviculare*), пикульник обыкновенный (*Galeopsis speciosa*), просо куриное (*Panicum crusgalli*), щетинники сизый (*Setaria glauca*) и зелёный (*S. viridis*).

Многолетние сорняки представлены преимущественно корнеотпрысковыми: вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis*L.) и осот желтый (*Sonchus arvensis*), с преобладанием последнего.

Число сорняков в начальные фазы развития лекарственных растений на всех сроках посева превышало их количество в среднем на 10 -18%. Погодные условия отразились на процессах роста и развития календулы и сорной растительности. Максимальное количество сорняков отмечено в 2012 году (150 – 244 шт/м<sup>2</sup>).

В среднем на 10 растений календулы в фазу цветения при посеве в первый срок приходится 4 сорняка, а при посеве во второй и третий срок – 7 сорняков. При этом 30 – 57 % сорных растений составляет куриное просо, в начале вегетации на их долю приходится не более 33%.

Снижение численности сорняков в фазу цветения календулы происходит в результате проявления конкурентной способности лекарственной культуры. Возможно, что еще проявляется и фактор аллелопатии. [9]

В наших опытах отмечено изменение не только количества сорняков, но и их видового разнообразия. Из малолетних сорных растений ведущую роль в фазу цветения календулы играет группа яровых поздних сорняков, а конкретно – просо куриное. Во всех вариантах на его долю приходится до 95 % всей численности яровых. В начальный период развития календулы группу преимущественно представляли другие сорняки – пикульник обыкновенный и марь белая.

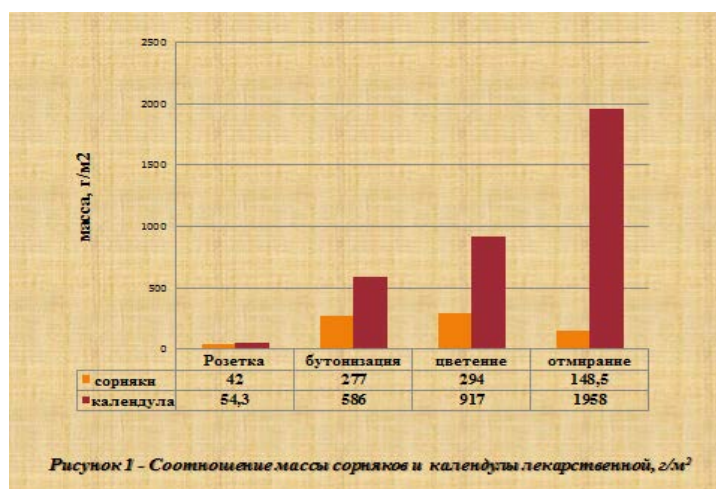
В ходе наблюдений за степенью засоренности посевов выявлена взаимосвязь количества лекарственных растений и сорняков.



В 2012 году оптимальной густотой стояния календулы, обеспечивающей наибольшую гибель сорняков и получение максимальных урожаев, в зависимости от погодных условий, является 60-70 шт/м<sup>2</sup> (первый срок посева).

Таким образом, в процессе своего развития календула лекарственная по-разному взаимодействует с сорной растительностью. К концу полного развития в ее посевах меняется видовой состав сорняков. Наблюдается снижение засоренности и преобладание проса куриного (подгруппа яровые поздние). Значительное снижение сорняков отмечается лишь при первом сроке посева календулы.

Кроме степени засоренности посевов и видового состава сорняков, важным показателем конкурентоспособности является соотношение абсолютно-сухой массы лекарственной культуры и сорных растений (рис.1).



В начале вегетации во всех вариантах это соотношение составляет 1:1, в фазу бутонизации соотношение массы сорняков и календулы увеличивается до 1:2, в фазу цветения – до 1:3, а к началу отмирания культуры – до 1:13.

Такая закономерность наблюдается при всех сроках посева. Однако абсолютные величины массы сорняков и календулы различны и зависят от погодных условий вегетационных периодов (табл.4). Таким образом, календула лекарственная – культура, обладающая высокой конкурентной способностью по отношению к сорной растительности.

До наступления фазы бутонизации лекарственные растения подавляются сорняками и нуждаются в защите (ручная или механическая прополка). В более поздние фазы развития культура интенсивнее наращивает биомассу и активно подавляет отдельные виды сорняков. Это дает возможность выращивать календулу без использования средств химизации. При этом засоренность посевов не служит основным фактором, лимитирующим урожайность лекарственного растительного сырья.

Таблица 4 – Соотношение массы сорняков и календулы лекарственной, г/м<sup>2</sup>

Фазы развития календулы	Год	1 срок посева	1 срок посева	2 срок посева
Образование розетки листьев	2011	81/68	32/34	27/37
	2012	34/80	37/54	40/53
	Среднее	58/74	34/44	34/45
Бутонизация	2011	400/724	136/570	135/487
	2012	348/772	308/410	332/554

	Среднее	374/748	222/490	234/520
Цветение	2011	164/830	467/883	187/890
	2012	350/832	211/1136	384/932
	Среднее	257/831	339/1009	286/911
Начало отмирания	2011	120/2248	124/1858	124/1858
	2012	215/2150	103/1232	205/2400
	Среднее	168/2199	113,5/1545	164/2129

Примечание: числитель – воздушно-сухая масса сорняков; знаменатель – воздушно-сухая масса календулы

Таким образом, посев в ранние сроки широкорядным способом (междурядья 45 см) позволяет максимально снизить в фазу цветения количество и массу сорняков и получать хорошие урожаи соцветий. Следовательно, качество фармакологического сырья, полученного при выращивании календулы лекарственной на фоне естественного плодородия в условиях Пензенской области, отвечает требованиям, предъявляемым Государственной Фармакопеей XI изд., вып. 2, ст.5 и ст. 7. Содержание солей тяжелых металлов (свинец, кадмий, ртуть, мышьяк) и радионуклидов – в пределах ПДК [1].

В связи с тем, что календула лекарственная сорта Кальта обладает ярко выраженной конкурентоспособностью по отношению к группе малолетних сорняков, возможно успешное ее выращивание при существующем уровне засоренности и проведении одной ручной прополки без применения средств химизации.

#### **Список литературы**

1. Государственная фармакопея СССР, XI издание, вып. 2. – М.: Медицина, 1990. – 392 с.
2. Гравель И.В., Петров Н.В., Самылина И.А., Яковлев Г.П., Стуловский С.С. Определение содержания тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье // Фармация. – 2008. – №7. – С. 3–5.
3. Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования. – Новгород: Нижегород. ГСХА, 2005. – 164 с.
4. Куркин, В.А. Фармакогнозия: Учебник для студентов фармацевтических вузов (фак.): 2-е изд., перераб. и доп. – Самара: ООО «Офорт», ГОУВ-ПО «СамГМУ», 2007. – С. 237-240.
5. Листов С.А., Петров Н.В., Арзамасцев А.П. О содержании тяжелых металлов в лекарственном растительном сырье // Фармация. – 1990. – №2. – С. 19–25.
6. Нойербург В. Подавление сорняков //Немецко-российский ежегодник по экологическому земледелию «Земледелец». Вып.3. – 1995. – С.215-227.
7. Пенева П., Иванченко С., Виткова А. Флавоноиды в *Calendula officinalis* L. // Растениеведни науки: Plant science (София). – 1985. – Т.22. – №4. – С. 50-56. 12.
8. Пензенское землеустроительное проектно-изыскательское предприятие ОАО Схема территориального планирования Лунинского района Пензенской области. – Пенза, 2008.
9. Прутенская Н.И., Биляновская Т.М. Фитотоксичность корневых выделений. В кн.: Роль аллелопатии в растениеводстве. – М.: Наукова Думка, 1982.
10. Шарова О.В., Куркин В. А.. Флавоноиды цветков календулы лекарственной, // Химия растительного сырья. – 2007. – №1. – С. 65-68.

УДК 599.322.2 + 591.6

**КАДАСТР СОВРЕМЕННЫХ ТОЧЕК НАХОДОК ПОСЕЛЕНИЙ СТЕПНОГО СУРКА (MARMOTA BOBAK MÜLLER, 1776) В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ<sup>2</sup>**

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

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

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

**CADASTRE OF ACTUAL POINTS OF STEPPE MARMOT'S (MARMOTA BOBAK MÜLLER, 1776) COLONIES FINDINGS IN SAMARA REGION**

© *R.V. Naumov, Penza State University (Penza, Russia)*

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

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

Изучено современное состояние ареала степного сурка в Самарской области. Обнаружено 88 поселений байбака. Общее количество учтенных семейных участков составило 2026 при общей оценочной численности 7806 особей. В работе приведена кадастровая таблица поселений степного сурка в Самарской области.

**Ключевые слова:** степной сурок, поселение, распространение, кадастр точек находок, Самарская область.

Actual state of Steppe Marmot's areal in Samara Region was studied. 88 marmot's colonies were found. Total number of marmot's considered family ranges was 2026 with total approximate number of individuals about 7806. In study cadastre table of Steppe Marmot's colonies in Samara region was given.

**Key words:** steppe marmot, colony, distribution, points of finding cadastre, Samara region.

**E-mail:** www.naumov\_roman@mail.ru; svtitov@yandex.ru; kuzmin-puh@yandex.ru

Степной сурок играет значимую ландшафтнообразующую роль для степей Среднего Поволжья, подверженных сильной антропогенной трансформации. Его средообразующая деятельность способствует сохранению и восстановлению степных биоценозов, в частности, обогащению почвы, улучшению ее свойств, поднятию грунтовых вод и аэрации, а также ведет к увеличению видового разнообразия растительности. На колониях сурков, в отличие от прилегающих фитоценозов, флора богаче и разнообразнее. Степные сурки вовлечены в широкий круг биоценологических связей с другими представителями фауны степей, способствуют повышению видового разнообразия животных, как хищников, так и квартирантов (мелкие грызуны, птицы) и симбионтов (насекомые).

В связи с этим изучение состояния популяций степного сурка является важной природоохранной и научной задачей, так как этот вид является эдикатором степной экосистемы и активно ее поддерживает.

К середине XX века раздробленные очаги обитания байбака в Поволжье занимали не более 20-30 км<sup>2</sup> по правобережью Волги и 100-120 км<sup>2</sup> на Южном Урале [1]. Сохранился степной сурок лишь в условиях расчлененного рельефа, где остались нераспаханные пастбища. В границах Самарской области это участки Приволжской (правобережные районы) и Бугульмино-Белебеевской (северо-восточные районы) возвышенности, а также отроги Общего Сырта (юго-восточные районы). Более подробную информацию о былом распространении этого вида мы не находим ни в литературе, ни в ведомственных источниках. По некоторым сведениям, в результате сокращения численности степных сурков в 50-е годы XX века, на территории Самарской области сохранились только небольшое число поселений сурков в Сызранском, Большечерниговском и Клявлинском районах. Характерно, что все сохранившиеся очаги байбака в Самарской области сосредоточены на всхолмленных участках: на склонах возвышенностей,

<sup>2</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 12-04-97062 p\_поволжье\_a и №14-04-00301 а)

оврагов или речных долин, изрезанных балками и оврагами, непригодными для сельскохозяйственного землепользования [4].

Кроме этого с середины 70-х годов началась широкомасштабная реакклиматизация байбака на территории России. По литературным данным, в Самарской области в этот период было выпущено 929 особей в 29 точки 12 районов [3]. Из них упомянем с долей той или иной точности только пять: Красноярский, Кинель-Черкасский, Шенталинский, Иса克林ский, Камышлинский. По данным Департамента охоты и рыбалки Самарской области в период с 1977 по 1987 гг. было завезено и выпущено 550 зверьков [1], а всего же, по имеющимся у охотников данным, до 2000 г. в Самарской области было заселено 1620 особей в 10 районах области [2].

Наши исследования по распространению степного сурка в Самарской области были проведены в августе 2012 года методом маршрутно-площадочного учета семей. При этом было пройдено около 5000 км маршрута, обследовано 107 пригодных для сурков местообитаний во всех 12 районах Самарской области, заселенных степным сурком: Алексеевском, Большеглушицком, Большечерниговском, Иса克林ском, Камышленском, Кинельском, Клявлинском, Пестравском, Похвистневском, Сызранском, Шенталинском и Шигонском. В результате было обнаружено 88 поселений байбака. В 19 обследованных точках сурки не были обнаружены. Общее количество учтенных семейных участков составило 2026 при общей оценочной численности 7806 особей (табл.1).

**Таблица.** Точки находок поселений степного сурка в Самарской области.

№ п/п	Адрес	Координаты		Число семейных участков, шт.	Оценка численности, ос., гр.5 x 3.9 ос/семью	Характеристика биотопа*
		Северная широта	Восточная долгота			
<b>Алексеевский район (n = 39)</b>						
1.	Окр-ти пос. Гавриловский	52°23.126'	51°23.219'	10	39	ОПУ
<b>Большеглушицкий район (n = 26)</b>						
2.	Окр-ти пос. Каменнодольск (нежил.)	52°16.135'	51°23.219'	6	23	ОСКЛ
3.	Окр-ти с. Таш-Кустяново	52°19.338'	51°12.589'	-	3***	ОСКЛ
<b>Большечерниговский район (n = 401)</b>						
4.	Окр-ти пос. Поляков	51°54.011'	50°46.298'	2	10***	ОСКЛ
		51°53.871' – 51°53.254'	50°49.209' – 50°49.833'	19	74	СПП
		51°53.501' – 51°53.868'	50°49.335' – 50°49.645'	15	59	СПП
5.	Окр-ти пос. Алексеевский	51°57.841' – 51°57.436'	50°52.554' – 50°53.278'	8	32	СПП
		51°57.393'	50°53.996'	6	23	ОПУ
		51°57.623' – 51°57.796'	50°52.665' – 50°53.388'	3	15***	СЗиН
6.	Окр-ти пос. Восточный	51°56.849'	51°07.705'	6	23	ОПУ
		51°57.957'	51°08.529'	5	20	СЗиН

*XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*

7.	Окр-ти пос. Верхн. Росташи	51°59.738'	51°12.695'	3	12	СПП
		52°03.385'	51°12.953'	9	35	ОСКЛ
		52°04.140'	51°17.072'	5	20	ОСКЛ
		52°08.122'	51°15.526'	4	16	СЗиН
		52°06.687'	51°14.864'	3	12	СЗиН
		52°03.750'	51°08.526'	4	12***	СЗиН
		52°03.991'	51°06.906'	2	8	СЗиН
		52°04.577'	51°04.771'	2	4***	СЗиН
		52°01.716'	51°05.232'	5	20	СЗиН
		52°07.498'	51°06.712'	1	4	СЗиН
		52°06.164'	51°05.829'	1	2***	СЗиН
<b>Исаклинский район (n = 289)</b>						
8.	Окр-ти с. Исаклы	54°12.904'	51°30.348'	7	27	СБС
		54°07.579' – 54°07.851'	51°33.386' –51° 33.821'	25	98	ОСКЛ
9.	Окр-ти с. Смольково	54°08.029'	51°20.773'	7	27	ОСКЛ
10.	Окр-ти с. Бол. Микушкино	53°57.359' – 53°54.957'	51°41.813' –51° 41.685'	35	137	ОСКЛ
<b>Камышлинский район (n = 940)</b>						
11.	Окр-ти с. Степановка	53°55.913'	52°19.209'	3	12	ОСКЛ
12.	Окр-ти с. Старая Балькла	53°57.067' – 54°00.230'	52°08.512' –52° 07.216'	39	152	МОСКЛ
		54°01.109' – 54°01.109'	52°07.874' –52° 10.158'	60	234	МОСКЛ
13.	Окр-ти пос. Чулпан	54°00.902' – 54°00.230'	52°02.851' –52° 06.586'	79	308	МОСКЛ
14.	Окр-ти с. Камышла	54°06.886' – 54°09.516'	52°07.667' –52° 05.999'	60	234	МОСКЛ
<b>Кинельский район (n = 8)</b>						
15.	Окр-ти с. Алакаевка	53°57.067'	50°14.429'	2	8	МОСКЛ
<b>Клявлинский район (n = 751)</b>						
16.	Окр-ти с. Старые Сосны	54°08.500'	52°03.306'	5	20	МОСКЛ
17.	Окр-ти с. Стар. Маклуш	54°18.006'	52°13.194'	12	47	МОСКЛ
18.	Окр-ти с. Петровка	54°20.442'	52°09.966'	10	39	МОСКЛ
		54°21.189'	52°27.892'	10	39	МОСКЛ

*XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*

19	Окр-ти с. Елизаветинка	54°23.475'	52°07.221'	50	195	МОСКЛ
20	Окр-ти ст. Клявнино	54°15.524'	52°09.559'	3	12	ОСКЛ
		54°17.625'– 54°19.940'	51°57.549'–52° 05.236'	65	254	МОСКЛ
21	Окр-ти с. Борискино Игар	54°16.045'	51°50.819'	5	20	ОСКЛ
		54°15.387'	51°48.948'	10	39	ОСКЛ
		54°14.380'	51°49.400'	20	78	МОСКЛ
		54°13.954'	51°49.303'	2	8	ОСКЛ
<b>Пестравский район (n = 2029)</b>						
22	Окр-ти с. Пестравка	52°22.884'– 52°23.527'	49°54.368'–49° 53.304'	20	79***	СХД
23	Окр-ти с. Михайло-Овсянка	52°23.422'– 52°24.697'	49°51.759'–49° 52.164'	490	1950	СХД
<b>Похвистневский район (n = 395)</b>						
24	Окр-ти с. Султангулово	53°47.945'	52°19.358'	9	35	МОСКЛ
		53°47.138'	52°19.713'	10	39	МОСКЛ
25	Окр-ти с. Староганькино	53°52.580'	52°15.824'	10	39	МОСКЛ
26	Окр-ти с. Мазгут	53°53.075'– 52°55.492'	52°20.892'–52° 20.503'	22	86	МОСКЛ
27	Окр-ти с. Исаково	53°53.564'– 53°52.038'	52°04.989'–52° 07.082'	30	117	МОСКЛ
28	Окр-ти с. Кротково	53°50.499'– 53°49.840'	52°09.188'–52° 10.528'	20	79	МОСКЛ
<b>Сызранский район (n = 551)</b>						
29	Окр-ти пос. Новокашпирский	53°01.333'	48°24.874'	35	137	МОСКЛ
30	Окр-ти с. Нов. Рачейка	53°05.862'	48°16.737'	13	51	СХД
		53°05.956'	48°15.927'	7	27	СХД
		53°05.350'	48°16.812'	10	39	СХД
		53°05.389'	48°17.613'	7	27	СХД
31	Окр-ти с. Губино	53°18.146'	48°44.999'	5	20	ОСКЛ
		53°17.879'– 53°17.080'	48°43.828'–48° 40.933'	5	20	ОСКЛ
32	Окр-ти пос. Новогубинск	53°16.177'– 53°15.795'	48°38.364'–48° 37.471'	30	117	ОСКЛ
		53°16.119'	48°37.504'	13	51	МОСКЛ

*XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*

33	Окр-ти с. Троицкое	53°22.078'	48°24.391'	10	39	МОСКЛ
34	Окр-ти с. Жемковка	53°18.006'	48°10.025'	5	20	ОСКЛ
35	Окр-ти с. Трубетчино	53°19.129'	48°13.857'	6	23	ОСКЛ
<b>Шенталинский район (n = 341)</b>						
36	Окр-ти с. Ойкино	54°24.622' – 54°24.949'	51°47.949' – 51°50.028'	20	78	ОСКЛ
		54°25.483'	51°51.019'	10	39	ОСКЛ
37	Окр-ти с. Нов. Кувак	54°27.201' – 54°28.548'	51°51.970' – 51°54.052'	22	86	ОСКЛ
		54°28.645'	51°54.694'	1	4	ОСКЛ
		54°27.242'	51°51.749'	10	39	ОСКЛ
38	Окр-ти д. Васильевка	54°13.825' – 54°15.172'	51°30.591' – 51°30.177'	15	59	ОСКЛ
39	Окр-ти с. Васильевка	54°16.258'	51°30.996'	4	16	ОСКЛ
40	Окр-ти с. Борисовка	54°15.289'	51°33.653'	5	20	ОСКЛ
<b>Шигонский район (n = 2044)</b>						
41	Окр-ти д. Ольгино	53°25.470'	48°56.030'	4	16	МОСКЛ
42	Окр-ти д. Левашовка	53°27.517' – 53°29.282'	48°55.950' – 48°53.358'	120	468	МОСКЛ
43	Окр-ти с. Маза	53°30.157' – 53°30.898'	48°53.331' – 48°51.900'	18	70	МОСКЛ
44	Окр-ти с. Новодевичье	53°36.145' – 53°36.908'	48°49.015' – 48°50.975'	9	35	МОСКЛ
45	Окр-ти с. Подвалье	53°36.873' – 53°38.415'	48°47.973' – 48°49.898'	35	137	МОСКЛ
		53°38.246' – 53°38.560'	48°48.180' – 48°49.084'	6	23	МОСКЛ
		53°39.838' – 53°39.976'	48°47.423' – 48°49.555'	38	148	МОСКЛ
		53°42.530' – 53°41.445'	48°47.847' – 48°51.032'	152	593	МОСКЛ
46	Окр-ти д. Биринск	53°33.101' – 53°33.872'	48°40.353' – 48°39.443'	10	39	ОСКЛ
		53°32.808'	48°38.836'	4	16	ПД
47	Окр-ти с. Камышенка	53°32.395'	48°37.131'	2	8	ОСКЛ
		53°32.083'	48°36.165'	6	23	ОСКЛ
48	Окр-ти с. Епифановка	53°35.047'	48°25.814'	3	12	ОСКЛ

49	Окр-ти ст. Гремячий Ключ	53°39.657'	48°31.088'	7	27	МОСКЛ
50	Окр-ти с. Стар. Тушкун	53°41.502'– 53°41.810'	48°35.795'–48° 33.527'	80	312	МОСКЛ
51	Окр-ти д. Горбуновка (нежил.)	53°25.587'– 53°26.477'	48°51.652'–48° 49.070'	30	117	МОСКЛ
	<b>Всего по области:</b>			<b>2026</b>	<b>7806</b>	

\* Принятые обозначения:

ОПУ - остепненные плакорные участки

ОСКЛ - остепненные склоны

СПП - скотопрогонные полосы и сбои

ПД - придорожные полосы

МОСКЛ - меловые остепненные склоны

СБС - степные балочные системы

СЗиН - степные залежи и неудобья

СХД - суходолы и суходольные степные балки

\*\* Среднее число зверьков в семье было вычислено по данным учета сурков в Самарской области, проведенном в 2009 году. Для 814 семейных группировок (около 50% всех семейных группировок сурка отмеченных в этом году в регионе) это показатель составил 3.9 ос/на семью.

\*\*\* Численность указана с учетом одиночно обитающих зверьков

Средняя площадь обнаруженных нами поселений ( $n = 88$ ) степного сурка составила  $1.9 \text{ км}^2$  при пределах изменений от  $0.16$  до  $13.2 \text{ км}^2$ . Плотность зверьков в поселениях колеблется в широких пределах – от 4 до  $150 \text{ ос/км}^2$ , при этом в среднем она равна  $43.6 \text{ ос/км}^2$ . Этот показатель превосходит значение  $30 \text{ ос/км}^2$ , критерия, свидетельствующего об ограничении в воспроизводстве и начале деградации популяции сурков. В целом, средняя плотность степного сурка при пересчете на пригодные местообитания в области составляет лишь  $1.88 \text{ ос/ км}^2$ .

#### **Список литературы**

1. Виноградов А.В. *Экологическое краеведение Самарского региона: Учебное пособие.* – Самара: ГОУ СИПКРО, 2006. – 190 с.
2. *Материалы обоснования лимита и квот отстрела степного сурка в сезон охоты 2008, 2010 года.* – Самара.
3. Машкин В.И. *Европейский байбак: экология, сохранение и использование.* Киров: ВНИОЗ, 1997, – 160 с.
4. Титов С.В., Наумов Р.В., Кузьмин А.А. *Современное распространение степного сурка (Marmota bobak Müller, 1776) в Самарской области // Лесостепь Восточной Европы: структура, динамика и охрана. Сб. ст. Междунар. науч. конф., посвящ. 140-летию со дня рождения И.И. Спрыгина (г. Пенза, 10-13 июня 2013 г.) – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – С. 342 – 343.*



УДК 630\*17:631.811.98

**ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

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

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

**THE INFLUENCE OF GROWTH REGULATORS ON BIOLOGICAL  
CHARACTERISTICS OF PINUS SYLVESTRIS**

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

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

В статье представлены результаты лабораторных и полевых исследований по влиянию регуляторов роста на биологические свойства сосны обыкновенной.

**Ключевые слова:** регуляторы роста, сосна обыкновенная, всхожесть, энергия прорастания, биологические свойства.

The article presents the results of laboratory and field studies on the effect of growth regulators on the biological properties of *Pinus sylvestris*.

**Key words:** growth regulators, *Pinus sylvestris*, germination, vigor, biological properties.

**E-mail:** natasha\_1002@mail.ru

Одним из способов повышения качества и увеличения выхода посадочного материала с единицы площади в лесных питомниках является применение физиологически активных веществ, интерес к которым возникает постоянно [2, 10].

Не менее важным является и разработка путей повышения посевных качеств семян за счет оптимизации технологии их заготовки, переработки, хранения и подготовки к посеву, которые, в свою очередь, должны базироваться на знаниях об анатомо-морфологических особенностях и физиолого-биохимических свойствах семян, детальном понимании биологии процессов их роста, созревания, покоя и прорастания [1].

Улучшение биологических свойств семян древесно-кустарниковых пород – это важнейшее звено в системе организации интенсивного питомниководства, лесовосстановления, лесного семеноводства и зеленого строительства.

В настоящее время со снижением финансирования лесовосстановительных работ и изношенностью машинно-тракторного парка, встает проблема получения высококачественного посадочного материала в достаточном для лесокультурного производства количестве, для решения которой требуется разработать эффективные малозатратные технологии выращивания посадочного материала.

Основными путями решения этой проблемы могут быть: совершенствование системы удобрений в лесных питомниках; рациональное использование семян хвойных пород; интегрированная борьба с сорняками; снижение загрязнения окружающей среды пестицидами; расширение ассортимента видов посадочного материала; внедрение новых механизмов, обеспечивающих за один проход выполнение ряда технологических операций; интенсификация агротехники выращивания сеянцев путем введения в технологию на различных этапах выращивания посадочного материала физиологически активных веществ, стимулирующих прорастание семян и рост сеянцев до стандартных размеров. По своей природе эти соединения являются синтетическими аналогами фитогормонов и обладают полифункциональностью.

Они усиливают ростовые процессы растений, повышают продуктивность древесно-кустарниковых пород, снижают воздействие неблагоприятных факторов: засоления почвы, избытка нитратов и удобрений, недостатка влаги, повышают засухо- и морозоустойчивость. Разработан целый ряд комплексных препаратов, в состав которых входят ростовые вещества, средства защиты, микроэлементы и др. Эти композиции позво-

ляют получить больший эффект при наименьших затратах: одновременно решаются проблемы защиты, подкормок, стимуляции ростовых процессов [6].

В настоящее время в России разрешено к применению несколько десятков соединений различного происхождения (химического, микробного, растительного), обладающих росторегулирующим действием. Все они хорошо изучены на самых различных сельскохозяйственных культурах, но в лесном хозяйстве внедрение регуляторов роста происходит не так стремительно, как в сельском. Вероятно, что это связано со слабой изученностью их действия на древесные растения, недоступностью препаратов и строгими нормами приготовления растворов и обработки семян [1].

Исследования, проведенные отечественными и зарубежными учеными, показали высокую эффективность применения регуляторов роста при производстве семян и саженцев древесных пород. Лесному производству необходимы доступные препараты, обладающие широким спектром действия. В ряду перспективных регуляторов для использования можно назвать Эпин-Экстра и Циркон [4, 5].

Эпин-Экстра – регулятор и адаптоген широкого спектра действия, обладает сильным антистрессовым действием. Действующее вещество препарата «Эпин-экстра» – раствор эпинбринолида в спирте 0,025 г/л. Натуральное вещество эпинбринолид не является токсичным. Важно и то, что выращенная продукция отличается высоким качеством и пониженным содержанием тяжелых металлов, нитратов, остаточных пестицидов [3, 11].

Циркон – природный стимулятор роста, состоящий из смеси эфиров кофейной кислоты (хлорогеновой и цикориевой), полученный путем вытяжки из растений, являющихся источниками многих лекарственных препаратов. Циркон не только проявляет биологическую активность как стимулятор роста, но и обладает фунгицидными свойствами, снижая заражение семян сосны корневой губкой *Heterobasidium annosum*, который поражает корни хвойных, а иногда и листовых древесных пород [7, 8, 9].

Регуляторы роста обеспечивают:

- ускоренное прорастание семян;
- ускорение созревания и увеличение урожайности;
- защиту растений от заморозков и других неблагоприятных условий;
- возрождение ослабленных и омолаживание старых растений за счет стимуляции бокового побегообразования;
- снижение в растении количества токсинов, тяжелых металлов, радионуклидов, избыток нитратов;
- формирование хорошо развитой корневой системы.

В лабораторных и полевых условиях было испытано два регулятора роста: Эпин-экстра и Циркон.

В опыте использовали семена сосны 1 класса качества (ГОСТ 14161-86), собранные на постоянной лесосеменной плантации Шемьшейского лесничества Пензенской области, и семена 3 класса качества, заготовленные в нормальных насаждениях данного лесничества.

В лабораторных условиях изучали влияние регуляторов роста на энергию прорастания и всхожесть семян сосны обыкновенной по следующей схеме:

1. Замачивание семян в воде в течение 10 часов (контроль).
2. Замачивание семян в растворе Циркона (0,001 %) в течение 10 часов.
3. Замачивание семян в растворе Эпин-Экстра (0,001 %) в течение 12 часов.

Закладка опыта проведена с учетом общепринятых рекомендаций, принятых в лесном семеноводстве.

Полевой эксперимент по изучению влияния регуляторов роста на биологические свойства сосны обыкновенной закладывался методом рендомизированных повторений на базе лесного питомника Ахунского лесничества Пензенской области по следующей схеме:

1. Посев семян в грунт без специальной подготовки (абсолютный контроль).
2. Замачивание семян в воде в течение 10 ч. (производственный контроль).
3. Замачивание семян в растворе Циркона (0,002 %) в течение 10 часов.
4. Замачивание семян в растворе Эпин-Экстра (0,001 %) в течение 12 часов.

Эксперимент включал 4 повторения. Размер опытных делянок составлял 20 м<sup>2</sup>.

Объектами исследования служили семена и сеянцы сосны обыкновенной при воздействии регуляторов роста (Циркон и Эпин-Экстра).

Посев семян в грунт после соответствующей подготовки осуществлялся вручную с использованием сеятельной воронки и сеятельного уголка. На уголок длиной 1 м насыпали семена меркой объемом, соответствующим норме высева (1,5 г на пог. м.). Затем их равномерно разравнивали и высыпали в борозду, переворачивая уголок на 90°. В опыте посев проводился ленточным пятистрочным способом с шириной строк 20 см и междурядий 70 см (2-5 и расстояние между ними 20-30 см.).

Уход за посевами в опытах включал в себя мульчирование, полив, притенение, рыхление почвы и прополку сорняков.

Полив осуществлялся дождеванием при помощи самодельной поливной установки с интенсивностью 0,05 мм/мин.

Применялось отенение всходов, для чего использовались драночные щиты размером 1,5 × 1 м с просветами, составляющими около 50 % площади. Щиты устанавливались с южной стороны под углом 35-45° к поверхности земли. Установка их осуществлялась во время массового появления всходов.

Прополки и рыхления почвы проводились регулярно после дождей и поливов, что позволяло легче удалять сорняки и разрушать почвенную корку.

В результате двухлетних лабораторных исследований (2012...2013 гг.) было установлено, что обработка семян Цирконом и Эпин-Экстра способствовала повышению энергии прорастания (табл. 1).

Таблица 1 – Посевные свойства семян сосны обыкновенной

№ п/п	Варианты опыта	Энергия прорастания, %	Техническая всхожесть, %
1	Обработка семян водой (контроль)	67	72
2	Обработка семян Цирконом	71	83
3	Обработка семян Эпином-Экстра	74	81

При проращивании семян сосны обыкновенной на 15 день после закладки определяли техническую всхожесть. Анализ лабораторных данных показал положительное действие на данный показатель предпосевной обработки семян регуляторами (техническая всхожесть составила соответственно вариантов опыта 83 % и 81 %).

Одной из актуальных задач лесного хозяйства в настоящее время является сохранение и повышение посевных качеств семян хозяйственно ценных хвойных пород. Проведенные многочисленные исследования показали, что предпосевная обработка семян хвойных пород регуляторами роста приводит к повышению их грунтовой всхожести [1, 5, 6, 8].

При выращивании сеянцев сосны обыкновенной в открытом грунте предпосевная обработка семян Цирконом и Эпином обеспечила повышение всхожести на 4,6...7,5 % (табл. 2).

Таблица 2 – Влияние регуляторов роста на всхожесть семян сосны обыкновенной

№ п/п	Варианты опыта	Полевая всхожесть, %
1	Без специальной подготовки (абсолютный контроль).	88,3
2	Замачивание семян в воде в течение 10 ч (производственный контроль)	89,1
3	Замачивание семян в растворе Циркона (0,002 %)	94,9
4	Замачивание семян в растворе Эпин-Экстра (0,001 %)	92,4

Высокая всхожесть семян сосны обыкновенной наблюдалась в варианте с использованием Циркона (94,9 %).

Изучаемые регуляторы роста не только обеспечивали повышение всхожести семян сосны обыкновенной, но и оказывали положительное влияние на биометрические показатели сеянцев (табл. 3).

Таблица 3 – Биометрические показатели сеянцев сосны после предпосевной обработки семян регуляторами роста

Варианты опыта	Сеянцы 1-го года				Сеянцы 2-го года			
	высота стволика		диаметр стволика		высота стволика		диаметр стволика	
	см	± % к контролю	мм	± % к контролю	см	± % к контролю	мм	± % к контролю
Без специальной подготовки (абсолютный контроль)	6,2	-	0,9	-	11,4	-	3,1	-
Замачивание семян в воде в течение 10 ч (производственный контроль)	6,9	+11,2	0,9	-	12,7	+11,4	3,2	+3,2
Замачивание семян в растворе Циркона (0,002 %) в течение 10 ч.	8,2	+32,2	1,2	+33,3	16,3	+42,9	3,7	+19,4
Замачивание семян в растворе Эпин-экстра (0,001 %) в течение 12 ч.	7,4	+19,4	1,1	+22,2	15,9	+39,4	3,5	+12,9

Влияние предпосевной обработки семян на высоту и диаметр стволика сеянцев 1-го года жизни наиболее сильно выражено при использовании Циркона. Высота однолетних сеянцев превышала абсолютный контроль на 32,2 %, а диаметр – на 33,3 %. Обработка Эпином способствовала превышению высоты на 1,2 см. Положительная тенденция сохранилась и у двухлетних сеянцев, что свидетельствует о том, что воздействие препаратов, применяемых для предпосевной обработки семян, продолжается в течение двух лет выращивания.

Обработка семян сосны обыкновенной регуляторами роста повышает выход стандартных сеянцев на 10-25 % при 70 % выходе на контрольном варианте.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения изучаемых регуляторов роста. С целью выявления путей улучшения посевных свойств семян сосны обыкновенной необходимо продолжить изучение влияния регуляторов роста в виде подбора препаратов, их концентраций и при внекорневой обработке.

#### Список литературы

1. Ананьев М.Е. Влияние биологически активных веществ на рост сеянцев сосны обыкновенной // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 2. – С. 40-43.
2. Галдина Т.Е., Шевченко К.В. Оценка влияния биостимуляторов на состояние и качество сеянцев ели европейской (*Picea abies*) // Международная студенческая электронная научная конференция. «Студенческий научный форум» 15 февраля-1 марта 2012 г.
3. Малеванная Н.Н. Брассиностероиды – новый класс фитогормонов плейотронного действия. Успехи последних исследований // Сб. научных трудов «Полифункциональность действия брассиностероидов». – М., 2007. – С.5-77.
4. Никитенко Е.А. Изучение стимуляторов роста при выращивании посадочного материала дальневосточных древесных пород / Е. А. Никитенко, Л.П. Гуль, Л.А. Король // Сб. тр. ДальНИИЛХ. – Хабаровск, 2005. – Вып. 38. – С. 171-175.
5. Острошенко В.В. Влияние стимуляторов на рост сеянцев сосны корейской / В.В. Острошенко, Л.Ю. Острошенко // Лесное хозяйство. – 2010. – № 1. – С. 47-48.

6. *Пентелькина, Ю.С. Влияние стимуляторов роста на всхожесть семян и рост сеянцев хвойных видов: Автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.03.01. М.: – МГУЛ, 2004. – 21с.*
7. *Пентелькина К.В, Пентелькина Ю.С. Стимулирующее действие циркона на рост сеянцев хвойных интродуцентов // Лесной вестник. – 2002. – №2 (22). – С. 24-29.*
8. *Пентелькина Н.В, Пентелькина Ю.С. Циркон – в технологии выращивания хвойных интродуцентов // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: Сб. науч. тр. – Брянск: БГТА, 2002. – Вып.3. – С. 72-76.*
1. *9. Пентелькина Ю.С. Обработка сеянцев кедра сибирского цирконом в питомнике Щелковского учебно-опытного лесхоза // Сб. науч. ст. докторантов и аспирантов. – М.: МГУЛ, 2002. – Вып. 315(3). – С. 93-95.*
9. *Устинова Т.С. Биологические стимуляторы роста, применяемые в лесных питомниках // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. научных тр. По итогам международной научно-тех. конф. / Под ред. Е. А. Памфилова Выпуск 23. – Брянск: БГИТА, 2009. – С. 135-137.*
10. *Усов В.Н., Попков Б.В. Влияние стимуляторов роста «Эпина» на проростание семян и рост сеянцев сосен густоцветковой и Банкаса // К 50-летию кафедры лесоводства Института лесного и лесопаркового хозяйства ФГОУ ВПО «Приморская ГСХА»: Юбилейный сборник научных трудов. – Уссурийск, 2010. – С. 180-18.*

**УДК 633.11. «321» + 631.95**

**ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ  
НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ОВСА**

© **Д.Е. Борисков**, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)

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

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

**THE INFLUENCE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOIL ON THE GROWTH  
AND DEVELOPMENT OF OATS**

© **D.E. Boriskov**, Penza state technological university (Penza, Russia)

© **S.V. Zinoviev**, Penza state technological university (Penza, Russia)

© **A.A. Blinokhvatov**, Penza state technological university (Penza, Russia)

Вследствие возрастающего антропогенного пресса на окружающую среду всё более актуальным является изучение последствий этого воздействия. Одним из индикаторов состояния агроценоза, а значит и окружающей среды, является содержание тяжёлых металлов. В данной работе представлены данные изучения состояния растений овса в зависимости от содержания различных доз тяжёлых металлов (медь, свинец, цинк и кадмий).

**Ключевые слова:** тяжёлые металлы, овёс, рост и развитие растений, сельскохозяйственные культуры, агроценоз.

Due to the increasing anthropogenic pressure on the environment all the more relevant is the study of the effects of this exposure. One of the indicators of the state of the agro-ecosystem, and thus the environment is the content of heavy metals. This paper presents the data on the study of the state of oats depending on the content of various doses of heavy metals (copper, lead, zinc and cadmium).

**Key words:** heavy metals, oats, growth and development of plants, agricultural crops, agrocenosis.

**E-mail:** Zinoviev.ser@yandex.ru

В работах, посвященных проблемам загрязнения окружающей природной среды и экологического мониторинга, на сегодняшний день к тяжелым металлам (ТМ) относят более 40 металлов периодической системы Д.И. Менделеева с атом-

ной массой свыше 50 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. При этом немаловажную роль в категорировании тяжелых металлов играют следующие условия: их высокая токсичность для живых организмов в относительно низких концентрациях, а также способность к биоаккумуляции и биомагнификации. Практически все металлы, попадающие под это определение (за исключением свинца, ртути, кадмия и висмута, биологическая роль которых на настоящий момент не ясна), активно участвуют в биологических процессах, входят в состав многих ферментов. По классификации Н. Реймерса, тяжелыми следует считать металлы с плотностью более 8 г/см<sup>3</sup>. Таким образом, к тяжелым металлам относятся Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg [1, с. 4].

Наиболее опасной формой деградации почв является загрязнение их тяжелыми металлами или другими химическими элементами, техногенное поступление которых в окружающую среду оказывает негативное воздействие на почву и растения, приводит к нарастанию экологических последствий и представляет угрозу для здоровья человека.

Практически любой из химических элементов, в зависимости от концентрации во внешней среде, а точнее, от поступившей дозы и соотношения с другими элементами и соединениями, может оказывать и положительное, и отрицательное действие на обмен веществ в живых организмах. Однако в условиях загрязнения ТМ могут накапливаться в верхних горизонтах почвы, активно воздействуя в первую очередь на растения [2, с. 9; 3, с. 23].

Наиболее общие проявления действия тяжелых металлов на растения – это ингибирование фотосинтеза, нарушение транспорта ассимилятов и минерального питания, изменение водного и гормонального статусов организма и торможение роста. Известно, что самоочищение почв практически не происходит или скорость его чрезвычайно низка: период полуудаления цинка составляет до 510 лет, меди – до 1500 лет, кадмия – до 110 лет, свинца – до 5900 лет [4, с.9; 5, с.60].

Цель наших исследований – изучение влияния различных доз некоторых тяжелых металлов (меди, свинца, цинка и кадмия) на растения овса, а также выявление величин критических нагрузок указанных ТМ на растения в почвенно-климатических условиях лесостепного Зауралья.

Для вегетационных опытов использовались почвы из верхнего горизонта чернозема выщелоченного учебного хозяйства КГСХА с. Каширино Кетовского района Курганской области (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики почв, используемых в вегетационных опытах

Образец	Гумус, %	CO <sub>2</sub>	Сумма обм. оснований, м-экв на 100 г почвы	рН, водн	рН сол	Содержание металлов, мг/кг почвы		
						Cu	Pb	Zn
Опыт 1997	3,7	-	33,8	6,2	5,3	3,3	0,75	32,7
Опыт 1999	4,5	-	35,2	6,1	5,7	6,1	7,2	38,9

Вегетационные опыты и пробоподготовка выращенных растений проводились по традиционным методикам (Доспехов Б.А., 1985 г.). В сосуды с почвенным субстратом вносились возрастающие дозы ТМ в виде нитратов. Почвы компостировались в течение 6 месяцев для достижения химического равновесия. В каждый сосуд высаживалось по 12 хорошо пророщенных растений. Указанная схема опытов имитирует влияние на растения избыточных количеств ТМ при корневом воздействии загрязнителя и позволяет определить концентрацию металлов, приводящую к снижению роста и к гибели растения, а также предсказать их поведение в реальных условиях. Определение ТМ проводили методом атомной абсорбции приборами марки «Сатурн», «Квант» и «AAS-1» в воздушно-пропан-бутановом пламени.

В результате проведённых опытов отмечены следующие результаты. Свинец в этом случае даже при максимально используемой дозе в 500 мг/кг почвы не способствовал гибели растений. Кадмий, медь и цинк при дозах соответственно 10, 100 и 500 мг/кг почвы вызвали гибель растений овса.

При внесении различных доз цинка в 2012-2013 г. были получены схожие результаты. При низких концентрациях до 25 мг/кг отмечен незначительный спад в общей биомассе растений (рис.1).

При дальнейшем увеличении концентрации цинка наблюдался рост биомассы, который достиг своего максимума при концентрации 100 мг/кг. При концентрации от 100 до 250 мг/кг биомасса постепенно снижалась по сравнению с контролем. При внесении цинка более 500 мг/кг большая часть растений овса погибала.

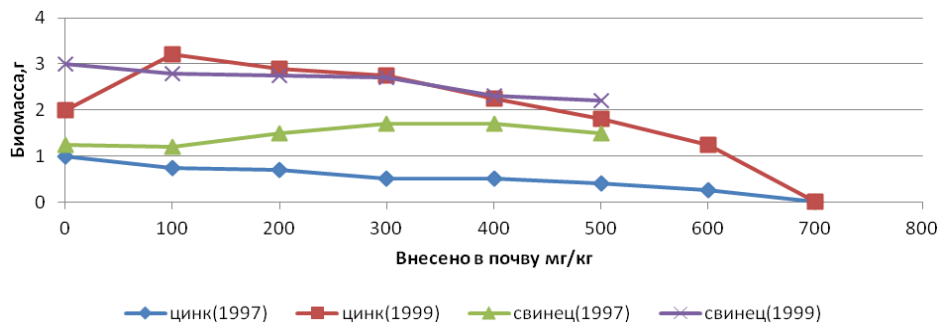


Рисунок 1 – Зависимость биомассы растений в зависимости от внесенного в почву цинка и свинца (1997, 1999 гг.)

По отношению к кадмию овес показал довольно высокую чувствительность к этому элементу даже при низких концентрациях в почве (5 мг/кг). При дозе кадмия 10 мг/кг отмечена гибель большей части растений овса (рис.2).

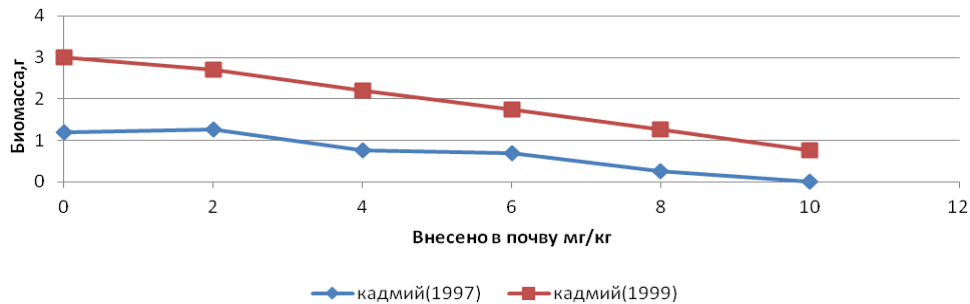


Рисунок 2 – Зависимость биомассы растений в зависимости от внесенной в почву меди (1997, 1999 гг.)

Растения овса в проведённых опытах обнаруживали общую тенденцию к устойчивости по отношению к высоким дозам меди (выше 25 мг/кг почвы) (рис.3).

Данные опыты подтверждают сложность и многообразие механизмов поглощения растениями тяжелых металлов из почв и доказывают, что в этих процессах участвуют как составляющие почвы и растений, так и факторы окружающей среды. Различия в закономерностях позволяют сделать вывод о различной восприимчивости растений к различным дозам ТМ в почве.

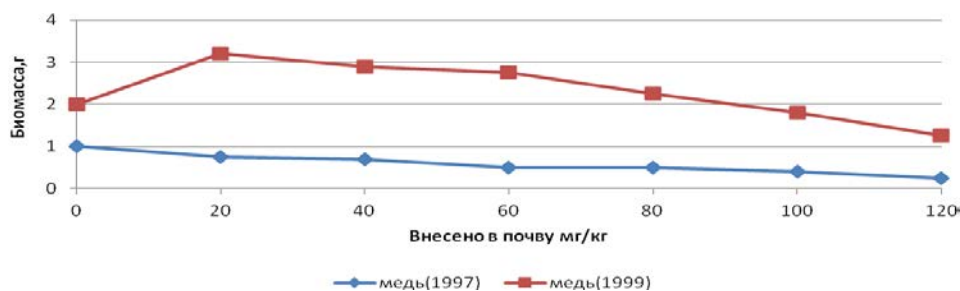


Рисунок 3 – Зависимость биомассы растений в зависимости от внесенной в почву меди (1997, 1999 гг.)

В области низких концентраций (до 10 мг/ кг) наблюдалось повышение биомассы овса по сравнению с контрольными образцами. При дальнейшем повышении концентрации меди в почве вплоть до дозы 100 мг/кг биомасса практически не изменялась. Влияние содержания ТМ в почве на поглощение их растениями представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние содержания ТМ в почве на поглощение их растениями

Культура	Металл	Внесено в почву, мг/кг почвы	Среднее содержание в растении, мг/кг		Средняя биомасса растений (воздушно - сухая, г/сосуд)	
			1997 г.	1999 г.	1997 г.	1999 г.
Овес	Свинец	0	2,69	1,31	1,25	3,05
		20	1,66	1,02	1,3	3,07
		50	3,29	3,2	0,8	2,8
		100	4,43	7,51	1,1	2,9
		250	8,22	13,56	1,6	2,6
		500	22,66	28,6	1,5	2,1
НСР <sub>05</sub>			1,49	0,61	0,12	0,19
Овес	Цинк	0	17,10	13,31	1,25	3,05
		20	19,00	22,6	0,7	2,7
		50	29,70	33,7	0,9	2,8
		100	58,90	69,1	0,65	3,12
		500	161,6	144,3	0,4	1,8
НСР <sub>05</sub>			1,69	0,76	0,163	0,32
Овес	Кад-мий	0	<0,03	<0,03	1,25	3,05
		5	<0,03	<0,03	0,7	1,8
		10	Гибель	<0,03	Гибель	0,7
Овес	Медь	0	8,25	8,67	1,25	3,05
		10	5,83	9,27	1,5	1,5
		25	6,13	10,53	1,4	1,4
		50	7,40	6,28	1,5	1,5
		100	13,29	21,63	1,6	1,6
НСР <sub>05</sub>			1,00	1,14	0,162	0,16



Овес в проведённых опытах обнаруживал общую тенденцию к устойчивости по отношению к высоким дозам меди (выше 25 мг/кг почвы). В области низких концентраций (до 10 мг/кг) наблюдалось повышение биомассы овса по сравнению с контрольными образцами. При дальнейшем повышении концентрации меди в почве вплоть до дозы 100 мг/кг биомасса практически не изменялась.

Влияние свинца на овес в двух опытах отличалась не значительно, однако в целом тенденция оставалась прежней: невысокие дозы (25 мг/кг) способствовали развитию растений. Повышенные дозы свинца (до 500 мг/кг) приводили к уменьшению биомассы. На основании проведенных опытов можно сделать заключение, что по отношению к свинцу овес обладает толерантными свойствами.

#### **Список литературы**

1. Алексеев Ю.В. Тяжёлые металлы в почвах и растениях // Л.: Агропромиздат (Ленинградское отделение), 1987. – С.142.
2. Полковникова, М.Г. Экофизиология стресса: Электронное учебное пособие. – МарГУ, 2010. – [http://masu.ru/science/libr/resours/ecofisiologia\\_stressa/pages/avtor.htm](http://masu.ru/science/libr/resours/ecofisiologia_stressa/pages/avtor.htm).
3. Исидоров В.А. Введение в курс химической экотоксикологии // СГП. Химиздат, 1999. – С.144.
4. Башмаков Д.И. Эколого-физиологические аспекты аккумуляции и распределение тяжёлых металлов у высших растений / Д.И. Башмаков, А.С. Лукаткин. – Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 2009. – 236 с.
5. Галиулина Р.А. Извлечение растениями тяжёлых металлов из почвы и водной среды / Р.А. Галиулина, Р.В. Галиулин, В.М. Возняк // *Агрехимия*. – 2003. – №12. – С. 60-65.

УДК 582.284:577.16

#### **ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНОВ И ИХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ МИЦЕЛИАЛЬНЫХ КУЛЬТУР БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ КСИЛОТРОФОВ**

© С.А. Сашенкова, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия  
(г. Пенза, Россия)

© Г.В. Ильина, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия  
(г. Пенза, Россия)

#### **THE INFLUENCE OF VITAMINS AND THEIR PRECURSORS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF THE MYCELIAL CULTURES OF BASIDIOMYCETES XYLOTROPHIC MUSHROOMS**

© S.A. Sashenkova, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)

© G.V. Ilyina, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)

Статья посвящена изучению влияния водорастворимых витаминов и их предшественников на рост и развитие мицелиальных культур базидиальных грибов ксилотрофов, в том числе культивируемых видов. Показана возможность использования витаминных добавок для оптимизации питательных сред и субстратов при культивировании и длительном хранении мицелиальных культур. Обнаружено стимулирующее влияние витаминов С и В<sub>1</sub> на плодоношение некоторых видов базидиомицетов.

**Ключевые слова:** базидиальные грибы ксилотрофы, витамины, мицелиальные культуры, питательные среды.

The article is devoted to the study of the effect of water-soluble vitamins and their precursors on the growth and development of mycelial cultures of basidiomycetes ksilotrofov, including cultivated species. The possibility of the use of vitamin supplements to optimize growth media and substrates for the cultivation and long-term storage of mycelial cultures. Discovered the stimulating effect of vitamins C and B<sub>1</sub> on fruiting of some species of basidiomycetes.

**Key words:** basidiomycetes ksilotrofy, vitamins, mycelial culture, culture media.

Основной тенденцией совершенствования технологий в XXI веке является их интенсификация. В этой связи биотехнологии и технологии выращивания съедобных грибов не являются исключением. Значительная часть биотехнологий основана на использовании в качестве продуцентов штаммов грибов и микроорганизмов, выделенных в чистую культуру. Однако длительное культивирование на питательных средах в условиях лаборатории и производства часто связано с утратой ростовой способности, загрязнением посторонней микрофлорой и др. факторами, приводящими к потере штамма. В качестве субстратов в технологиях культивирования съедобных грибов в основном используются отходы сельскохозяйственного производства и лесопереработки. Низкая питательная ценность соломы, опилок и др. субстратов приводит к замедлению скорости роста мицелия, удлинению технологического цикла и, как следствие, к снижению урожайности и уменьшению экономической эффективности производства. Поэтому работы по совершенствованию составов питательных сред и субстратов для выращивания мицелиальных культур базидиальных грибов актуальны в научном аспекте и востребованы в производстве.

В этой связи многочисленные литературные источники рекомендуют при подготовке сред и субстратов в ходе культивирования грибов использовать витамины, минеральные удобрения, микроэлементы и др. вещества [2; 3; 4; 5; 9; 10]. Однако необходимо учитывать, что разные виды грибов могут предъявлять различные требования к питательным средам и универсальной рецептуры не существует. Кроме того, значение и механизмы действия на грибной организм тех или других добавок в традиционные составы питательных сред остаются мало изученными. Научный и практический интерес имеет также вопрос о влиянии витаминов на рост и продуктивность культивируемых грибов, которые способны накапливать эти вещества в большом количестве и могут служить их источниками в диетическом и лечебном питании.

Например, важнейшими для роста, развития и размножения грибов являются витамины группы В. Чаще всего базидиомицеты нуждаются в одном факторе, а именно в витамине В<sub>1</sub>, однако потребности у разных видов значительно варьируют [1; 2; 10]. Потребность грибов в тиамине (витамина В<sub>1</sub>) была впервые обнаружена одновременно Шопфером и Бургеффом в 1934г. [1, 121]. Обладающий аналогичным эффектом тиамин – пирофосфат известен как кофактор всех видов карбоксилаз, производящих декорбацилирование органических кислот в процессах гликолиза и в цикле Кребса, а также транскетолаз, переносящих двууглеродные фрагменты сахаров пентозного цикла, содержащих кетогруппы во втором положении. Потребность в тиамине встречается у очень многих грибов из всех таксономических групп, включая оомицеты, сумчатые и базидиальные [1, 124]. Избыток тиамина в среде иногда вызывает угнетение роста грибов, что связано с его функцией как кофермента карбоксилазы и с накоплением при ее избытке в культуре грибов этилового спирта в результате декарбоксилирования пирувата.

Пиридоксин, или витамин В<sub>6</sub> является производным пиридина и существует в организмах в трех формах – пиридоксина (двухатомного спирта), пиридоксина (с заменой одной спиртовой группы на альдегидную) и пиридоксамина (с заменой аминокислотной группы гидроксильной). В большинстве ферментов он представлен в форме пиридоксаль – фосфата. Основная функция пиридоксина состоит в его участии в обмене аминокислот. Так, он принимает участие в последнем этапе восстановления нитратов при включении аммиака в  $\alpha$ -кето- кислоты, в реакциях переаминирования в трансформации триптофана в индол и участвует в биосинтезе аланина, а также, видимо, биогенных аминов грибов. Потребность в пиридоксине, как правило, комбинируется с потребностью в других факторах роста [1, 129; 9, 307].

Витамин С (аскорбиновая кислота) имеет структуру, сходную с кетосахарами, и функции его связаны со способностью легко окисляться в дегидроаскорбиновую кислоту. Потребность в аскорбиновой кислоте у грибов не известна. Видимо, они очень хорошо синтезируют ее по ксилулозному пути углеводного обмена через промежуточные стадии глюкуроновой и гулоновой кислот. Она содержится в мицелии многих видов грибов [1, 133].

Фолиевая кислота, предшественником которой служит парааминобензойная кислота (ПАБК), участвует в переносе одноуглеродных радикалов, что может иметь немаловажное значение в процессе утилизации одноуглеродных групп субстрата культурой гриба. Есть данные, что многие микроорганизмы вообще не способны к утилизации готовой фолиевой кислоты из субстрата, но синтезируют ее *de novo* [8, 678]. В отношении макромицетов этот вопрос является малоизученным.

При этом содержание некоторых из перечисленных витаминов в плодовых телах базидиальных грибов может достигать значительных величин. Например, известно, что в плодовых телах съедобных грибов, в частности вешенки, содержится до 4,8 мг/ на 100 г сухой массы тиамин, до 0,8 мг/на 100 г пиридоксина, до 98 мг – аскорбиновой кислоты [9, 284].

Нами исследовано влияние добавления в питательную среду (пшеничный, картофельно-глюкозный и сусло-агар) водорастворимых витаминов В<sub>1</sub>(тиамин), В<sub>6</sub> (пиридоксина), С (аскорбиновой кислоты), а также предшественника фолиевой кислоты – парааминобензойной кислоты (ПАБК) на рост и развитие мицелиальных культур некоторых видов ксилотрофных базидиомицетов, включая вешенку устричную, представляющих определенный интерес с позиций практической микологии, экологии и биотехнологии.

При культивировании мицелия использовали стандартные агаризованные питательные среды и субстраты (пшеничную солому, лузгу подсолнечника, опилки лиственных пород деревьев), которые готовили по общепринятым методикам [2, 18; 5, 418; 7, 57-58]. Стерилизацию проводили при 1 атмосфере в течение 30-40 минут. Пробирки с опилками стерилизовали 3 раза по 10 минут на водяной бане при температуре 90-80°C [7, 25]. В качестве витаминной добавки использовали ампулированные растворы витаминов, которые вносили в питательную среду после стерилизации и её частичного остывания для получения 0,02 % концентрации витамина в среде. В органические субстраты растворы витаминов также вносили после стерилизации, для этого готовили раствор витамина в стерильной воде в концентрации 0,02% и добавляли по 0,5 мл в каждую пробирку. Затем пробирки встряхивали и проводили инокуляцию мицелием. Для установления эссенциальности ПАБК использовали ее токсический аналог – сульфаниламид. Известно, что сульфаниламид, в силу сходства химического строения с молекулой ПАБК, способен имитировать последнюю и включаться в соответствующие метаболические превращения. Это искажает и, в конечном итоге, блокирует процесс синтеза фолиевой кислоты [8, 681]. Экспериментально была установлена концентрация парааминобензойной кислоты (ПАБК) в питательной среде, позитивно влияющая на рост большинства культур – 0,005 г/л.

В результате изучения линейной скорости роста мицелиальных культур на агаризованных питательных средах установлено, что штаммы наиболее активно росли на картофельно-глюкозном агаре, развивая плотный воздушный мицелий. Наименьшие показатели в скорости роста и плотности мицелия культуры имели на пшеничном агаре. Таким образом, питательная ценность среды оказывает существенное влияние на скорость роста мицелия и его морфологические особенности.

При выращивании мицелиальные культуры отобранных для эксперимента видов на сусло-агаре с добавлением витаминов были получены результаты, представленные в таблице 1.

Установлено достоверное увеличение скорости роста при добавлении витаминов В<sub>1</sub> и В<sub>6</sub>. Причем наибольший стимулирующий эффект имело использование тиамина В<sub>1</sub>. Скорость роста наиболее существенно возросла у гандермы лакированной (в 1,6 раза) и у вешенки устричной (в 1,5 раза). Менее существенное влияние на увеличение скорости роста (в 1,1 – 1,4 раза) наблюдалось при добавлении в среду пиридоксина (В<sub>6</sub>).

Таблица 1 – Влияние добавления в сусло-агар водорастворимых витаминов на скорость роста (мм/сутки) мицелиальных культур (6-е сутки культивирования; 23° С; сусло – агар) НСР<sub>0,5</sub>: фактор А (виды грибов) – 0,774; фактор В (влияние витаминов) – 0,612

Виды грибов	Контроль	Среда с витаминами		
		В1	В6	С
Вешенка обыкновенная <i>Pl. ostreatus</i>	6,33	9,70	8,67	7,80
Ганодерма плоская <i>G. applanatum</i>	8,33	10,38	9,43	8,58
Ганодерма лакированная <i>G. lucidum</i>	5,27	8,78	7,43	5,44
Трутовик серно-желтый <i>L. sulphureus</i>	8,37	10,57	10,05	7,30

Причем наиболее отзывчивым в этом случае оказался штамм ганодермы лакированной. Добавление витамина С не оказало существенного влияния на скорость роста ганодермы плоской и лакированной и тормозило рост трутовика серно-желтого. В тоже время скорость роста вешенки устричной увеличилась в 1,2 раза. Поэтому штамм вешенки, который оказался наиболее отзывчивым на добавление в питательную среду витаминов, был протестирован на питательных средах другого состава. Добавление витаминов достоверно увеличивало скорость роста мицелия вешенки на всех органических питательных средах (рис.1).

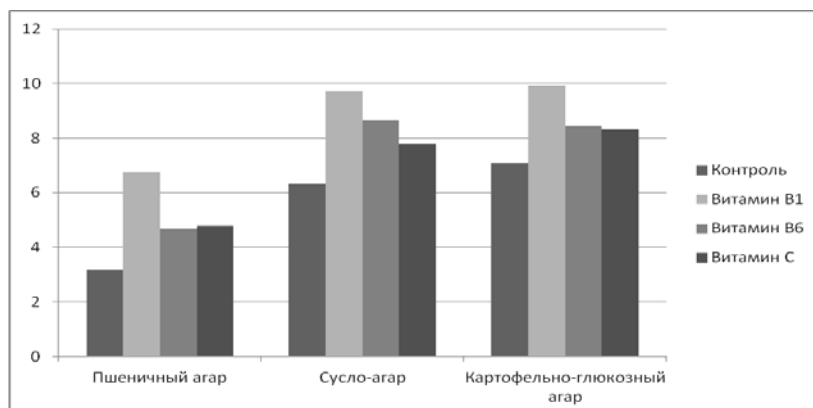


Рисунок 1 – Скорость роста мицелия (мм/сутки) на органических питательных средах с добавлением водорастворимых витаминов (6 сутки роста). НСР<sub>0,5</sub>, ед.: по фактору А (влияние питательной среды) – 0,521; по фактору В (влияние добавления витаминов) – 0,630

Анализируя влияние добавления витаминов в субстрат (пшеничную солому) на рост ксилотрофных базидиомицетов (табл. 2), можно также отметить стимулирующие влияние тиамин и менее выраженное позитивное влияние на скорость роста пиридоксина. Влияние на рост аскорбиновой кислоты оказалось на уровне контрольного варианта.

Таблица 2 – Влияние добавления витаминов в пшеничную солому на рост мицелиальных культур, мм/сутки (9-е сутки культивирования) НСР<sub>0,5</sub>ед: фактор А (виды грибов) – 0,691; фактор В (влияние витамина) – 0,332

Виды грибов	Контроль	Субстрат с витаминами		
		В1	В6	С
Вешенка обыкновенная <i>Pl. ostreatus</i>	11,11	12,53	11,57	11,40
Ганодерма плоская <i>G. applanatum</i>	5,22	6,37	5,87	5,50
Ганодерма лакированная <i>G. lucidum</i>	10,23	13,0	11,3	10,0
Трутовик серно-желтый <i>L. sulphureus</i>	5,63	7,74	6,88	5,33

В экспериментах отмечено положительное влияние добавления в питательную среду витамина В1 на накопление биомассы мицелия при поверхностном культивировании на жидких питательных средах. В этом случае добавление аскорбино-

вой кислоты приводило к снижению скорости роста изучаемых штаммов. Необходимо также отметить, что добавление в среду витамина В6 не оказало существенного влияния на накопление биомассы трутовиком серно-желтым. В тоже время добавление этого витамина тормозило развитие признаков старения мицелия и способствовало сокращению лаг-фазы (в этом варианте отмечались признаки роста уже в первые сутки после инокуляции).

В ходе выращивания мицелиальных культур на обогащенных витаминами средах отмечено стимулирующее влияние тиамин и аскорбиновой кислоты на образование зачатков плодовых тел некоторыми штаммами базидиальных грибов. Так, на агаризованных средах с витамином В1 регистрировалось образование примордиев у всех изучаемых штаммов, за исключением трутовика серно-желтого. Интересные результаты получены после температурной стимуляции образования зачатков плодовых тел у вешенки устричной на агаризованных питательных средах. Примордии получили во всех вариантах, но их количество значительно варьировало (рис. 2).

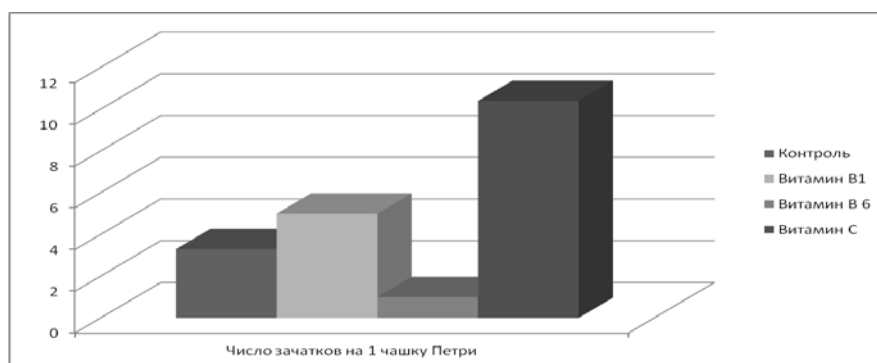


Рисунок 2 – Количество зачатков плодовых тел, НСР 0,5ед – 1,86

Таким образом, наибольшее количество зачатков плодовых тел было получено на среде с добавлением витамина С (в среднем 10,4). В контрольных вариантах образовалось 2 – 4 зачатка (в среднем 3,3). На среде с витамином В6 их было минимальное количество, причем они появились значительно позже (на 3-5 суток), чем на средах другого состава. Таким образом, витамин В6 способствует росту мицелия, но тормозит образование плодовых тел.

В ходе изучения влияния витаминов на плодоношение вешенки устричной в промышленных условиях было установлено, что орошение субстрата водой с витамином С увеличивает количество сростков, образующихся на один мешок, в среднем в 1,2 раза.

При добавлении в картофельно-глюкозный агар ПАБК установлено позитивное влияние на темпы и характер развития мицелия большинства штаммов изученных видов (табл.3). Наблюдения проводились в течение 15 суток. На первых этапах развития мицелия в опытных и контрольных вариантах скорость роста культур была практически одинаковой. Однако по истечении нескольких суток от начала развития в вариантах с добавлением сульфаниламида рост прекратился на фоне заметного увеличения скорости роста в варианте с ПАБК и постепенным замедлением в контрольных вариантах. Среда, содержащая ПАБК, были освоены полностью в первую очередь, в контрольных вариантах освоение субстрата было завершено несколько позднее (в среднем на 2-3 суток, в зависимости от штамма). Рост на среде, содержащей сульфаниламид, прекращался полностью на 4-7 сутки (у штаммов разных видов). При расчете средних скоростей роста в вариантах с сульфаниламидом промеры, сделанные в течение первых нескольких суток, обусловили довольно низкие, но превышающие нулевые показатели, результаты.

Таблица 3 – Влияние парааминобензойной кислоты и сульфаниламида (0,005 г/л) на средние скорости роста мицелия ксилотрофных базидиомицетов (КГА, мм/сут, 26°C, повторность трехкратная\*)

Вид	СР, мм/сут±Δ		
	КГА	КГА+ПАБК	КГА+сульфаниламид
<i>F. pinicola</i>	9,32±0,16	10,37±0,19	2,50±0,06
<i>L. sulphureus</i>	6,10±0,10	8,03±0,03	3,83±0,17
<i>G. applanatum</i>	7,22±0,14	8,23±0,15	4,37±0,09
<i>G. lucidum</i>	9,60±0,10	10,57±0,07	4,70±0,17
<i>F. fomentarius</i>	6,20±0,10	8,77±0,13	1,30±0,06
<i>P. cinnabarinus</i>	5,17±0,09	6,60±0,23	3,83±0,15

\*p&gt;0,05

Установленные факты более или менее выраженной стимуляции роста введением в состав среды ПАБК, отмеченные практически для всех штаммов, косвенно свидетельствуют в пользу следующих предположений. Очевидно, что исследованная группа организмов утилизирует ПАБК для синтеза фолиевой кислоты *de novo*; синтезированная фолиевая кислота как кофактор участвует в переносе одноуглеродных соединений, вовлекаемых в метаболические превращения. Факт торможения, а затем и остановки развития мицелия практически всех изученных видов на среде с добавлением сульфаниамаид подтверждает сделанные предположения.

Таким образом, установлена целесообразность использования витаминов и ПАБК в качестве компонента питательных сред для культур ксилотрофных базидиомицетов разных трофических групп. Полученные результаты подтверждают предположение об эссенциальности витаминов и ПАБК при культивировании базидиальных грибов.

Необходимо отметить, что стимулирующий эффект витаминов лучше проявлялся на менее ценных питательных средах. Кроме того, повышалась устойчивость культур к посторонней микрофлоре, в том числе к плесневым грибам, что обеспечивало более качественное и длительное их хранение. Причем в этом отношении наилучшие показатели отмечались на средах с витамином В<sub>6</sub>, добавление которого наряду с витамином В<sub>1</sub> можно рекомендовать для поддержания физиологической активности мицелиальной культуры при ее длительном хранении. Выявленный стимулирующий эффект аскорбиновой кислоты на образование зачатков плодовых тел у вешенки устричной представляет практический интерес и требует более детального изучения.

#### Список литературы

1. Беккер З.Э. Физиология и биохимия грибов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. – 230 с.
2. Бухало А.С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре. – Киев: Наукова думка, 1988. – 176 с.
3. Бисько Н.А., Дудка И. А. Биология и культивирование грибов рода вешенки.- Киев: Наукова думка, 1987.-148 с.
4. Гарибова Л.В. Выращивание грибов. – М.: «Вече», 2005 – 96 с.
5. Дудка И.А. Грибы: справочник миколога и грибника / И.А. Дудка, С.П. Вассер, Ф.С. Бухало и др. – Киев: Наук. думка, 1987 – 535 с.
6. Дьяков Ю.Т. Введение в альгологию и микологию. – М.: МГУ, 2000. – 192 с.
7. Ильина Г.В. Коллекция культур базидиальных макромицетов Пензенской ГСХА. Каталог видов и штаммов / Г.В. Ильина, Д.Ю. Ильин, А.В. Скобанев. – Пенза: РИО ПГСХА. – 2009. – 60 с.
8. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия. – М.: Просвещение, 1987. – 816 с.
9. Сычев П.А. Грибы и грибоводство. – Донецк: «Сталкер», 2003. – 512 с.
10. Fries W. The chemical environment of fungal growth. 3 vitamins and organic growth factors // The Fungi, Ed. Ainsworth et al. I. The fungal cell.- 1965. – P. 491-523.

УДК 633.19

**ОСОБЕННОСТИ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ  
НА НАЧАЛЬНЫХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБРАБОТКИ  
СЕМЯН МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ**

- © **В.А. Вихрева**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия  
(г. Пенза, Россия)
- © **А.А. Блинохватов**, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)
- © **Е.В. Надежкина**, Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)
- © **С.В. Зиновьев**, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)

**FEATURES OF HEIGHT AND DEVELOPMENT OF SPRING WHEAT  
ON THE INITIAL STAGES OF ONTOGENESIS DEPENDING ON TREATMENT  
OF SEED MICROELEMENTS**

- © **V.A. Vihreva**, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
- © **A.A. Blinokhvatov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **E.V. Nadejkina**, Moscow Aviation Institute (Moscow, Russia)
- © **S.V. Zinoviev**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Статья посвящена изучению влияния микроэлементов Zn, Se, Mn на ростовые и биохимические процессы в растениях пшеницы на начальных этапах онтогенеза культуры. Выявлено, что ростовые показатели оказались сильно зависимы от концентраций используемых растворов.

**Ключевые слова:** пшеница, микроэлементы, ростовые и биохимические процессы, концентрация элемента.

The article is sanctified to the study of influence of microelements of Zn, Se, Mn on growth and biochemical processes in the plants of wheat on the initial stages of ontogenesis of culture. It is educed, that growth indexes appeared strongly dependency upon the doses of elements, and more precisely from the concentrations of the used solutions.

**Key words:** wheat, microelements, growth and biochemical processes, concentration of element.

**E-mail:** bl-anton58@rambler.ru

Увеличение объемов продовольственного зерна ставит задачу наиболее полного использования потенциальных возможностей зерновых культур, в том числе и яровой пшеницы. В условиях Пензенской области урожайность яровой пшеницы нередко ограничивается неблагоприятными почвенно-климатическими условиями. Они способны вызывать стресс у растений, приводящий к снижению урожайности и качества продукции.

В уменьшении негативного действия стрессоров на растительный организм особую роль играют микроэлементы [1; 2]. Поэтому актуальным является изучение возможностей адаптации яровой пшеницы к стрессам различной природы и повышение продуктивности путем совершенствования малозатратных элементов технологии её выращивания.

Исследования проводились в 2013 году путем постановки лабораторного опыта на кафедре «Химия им. А.Ф. Блинохватова» ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА». Целью исследований было выявить влияние микроэлементов Zn, Se, Mn на ростовые и биохимические процессы в растениях пшеницы на начальных этапах онтогенеза культуры.

Микроэлементы использовали для предпосевной обработки семян в виде: селен – селенита натрия ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ ), цинк – сернокислого цинка ( $\text{ZnSO}_4$ ) и марганец – сернокислого марганца ( $\text{MnSO}_4$ ). Схема опыта приведена в таблице 1.

Проращивание семян, обработанных микроэлементами или водой, проводили в рулонах фильтровальной бумаги при  $t - 15 \pm 1,0^\circ\text{C}$ . Определяли всхожесть семян (ГОСТ), длину и массу проростков и корней, объем корневой системы методом Сабинина-Колосова [3].

Результаты исследования показали, что подвижные формы микроэлементов оказывают влияние на ростовые процессы растений пшеницы на начальном этапе онтогенеза, при этом ростовые показатели оказались зависимыми от доз элементов, а точнее от концентраций используемых растворов (табл.1).

**Цинк.** Влияние цинка проявлялось в первую очередь на росте наземной части растения (проростках). При этом наиболее эффективным приемом была обработка семян сернокислым цинком из расчета 5 г на 1 ц семян. Длина и масса проростков увеличивались на 3,2-10,3% к контролю соответственно.

Увеличение корневой системы происходило в меньшей степени, чем проростков (на 1,4-7,2 %). Общая адсорбирующая поверхность корней возросла на 6,6-21,8% к контролю. Снижалась доля рабочей поверхности корней, т.е. корневых волосков в общей поверхности корневой системы, на 2,8-2,4 %.

**Селен.** Обработка семян селеном показала, что элемент способствовал усилению ростовых процессов в самом начале продуктивного процесса, на уровне прорастания семени. Наиболее эффективной нормой селена оказалась 0,004 г/ц семян. Увеличилась длина проростков на 7,8%, корней – на 42,5%. Следует отметить, что селен в основном действовал на деление клеток корня. Это особенно важно для условий Пензенской области, где весной резко повышаются температуры как воздуха, так и почвы, верхний слой ее очень быстро пересыхает.

Исследования показали, что увеличивается не только длина корней, но и рабочая адсорбирующая поверхность (49%). Это значит, что корневая система обрастает корневыми волосками и они активно будут использовать влагу с растворенными в ней питательными веществами.

Важным показателем является всхожесть семян. На вариантах с селеном она возросла на 2,3 и 0,6 абс. %, что также имеет значение для формирования продуктивности агроценоза пшеницы.

Таблица 1 – Влияние микроэлементов на показатели ростовых процессов в период прорастания семян.

№ п/п	Элемент	Норма д.в., г/ц	Проростки		Корни		КУ*	Адсорбирующая поверхность		Отношение рабочей к общей, %	Всхожесть, %
			Длина, мм	Масса г/10 растений	Длина, мм	Масса г/10 растений		общая	рабочая		
1	Селен	0	18,50	0,87	20,7	0,15	0,17	900	570	63,3	90,8
		0,04	19,94	0,99	29,5	0,23	0,23	1200	850	70,8	93,7
		0,07	18,79	0,91	22,6	0,17	0,19	965	645	66,8	91,4
2	Цинк	0	18,5	0,87	20,7	0,15	0,17	900	570	63,3	90,8
		1,0	19,1	0,93	21,0	0,18	0,19	960	580	69,5	91,2
		5,0	20,4	1,07	22,2	0,21	0,23	979	596	60,9	92,8
3	Марганец	0	18,5	0,87	20,7	0,15	0,17	900	570	63,3	90,8
		0,5	19,0	0,92	21,3	0,15	0,18	918	585	63,7	90,0
		1,0	17,8	0,63	19,2	0,15	0,24	724	437	60,3	84,5

Примечание. КУ\* отношение массы корней к массе проростков.

О\*\* - обработка водой.

**Марганец.** Результаты исследования свидетельствуют о том, что данный элемент на самом начале продуктивного процесса играет меньшую роль, чем селен и цинк. Вместе с тем доза 0,5г/ц семян способствовала увеличению длины и массы проростков на 2,7% и 5,8% соответственно к этим показателям на контроле. Происходило на 2,9% увеличение и длины корней.

Использование нормы элемента 1,0г/ц семян снижало рост корневой системы растения. Происходило снижение длины корней и уменьшение рабочей поверхности корней на 3% по сравнению с контролем. Всхожесть семян снижалась на 6,3 процентов.



Из результатов исследований следует, что для условий Пензенской области эффективно применение селена и цинка для предпосевной обработки семян яровой пшеницы сорта Тулайковская 10. Селен, примененный в дозе 0,004 г/ц, оказывает положительное действие на рост корневой системы и стеблей (проростков). Цинк большее влияние оказывает на рост наземной массы, т.е. на длину и массу проростков, меньшее – на корневую систему. Применение марганца при обработке семян нецелесообразно.

#### **Список литературы**

1. Блинохватов А.Ф. Селен в биосфере. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – 324 с.
2. Блинохватов А.Ф. Селен – адаптоген и стимулятор роста растений / А.Ф. Блинохватов, В.А. Вихрева, В.Н. Хрянин // Регуляторы роста растений в биотехнологиях: Материалы VI Международной конференции. – М.: МСХА, 2001. – 315 с.
3. Ягодин Б.А. Агрехимия. – М.: Колос, 2002. – 584 с.

УДК: 574.32

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОТНОШЕНИЙ БОЛЬШОГО И КРАПЧАТОГО СУСЛИКОВ В ЗОНЕ СИМПАТРИИ И ИХ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ ПОПУЛЯЦИОННЫХ УСЛОВИЙ<sup>3</sup>**

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

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

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

### **ECOLOGICAL FEATURES OF RUSSET AND SPOTTED GROUND SQUIRRELS' RELATIONSHIPS AND THEIR DEPENDENCE FROM POPULATION CONDITIONS**

© А.А. Kuzmin, Penza State Technological University (Penza, Russia)

© А.А. Shmyrov, Severtsov Institute of Ecology and Evolution (Moscow, Russia)

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

Рассмотрены три уровня популяционных отношений большого и крапчатого сусликов (зона симпатрии, локальная популяция, индивидуальные контакты). Дана характеристика динамики численности, распространения видов и их контактности в недавно сформировавшейся зоне симпатрии, выявлены два основных направления развития межвидовых отношений – репродуктивная изоляция и гибридизация. Выявлен комплекс экологических факторов, влияющих на развитие межвидовых отношений. Установлено, что в зависимости от исходных условий в смешанной популяции одни и те же факторы определяют развитие межвидовых отношений в одном из указанных направлений.

**Ключевые слова:** зона симпатрии, гибридная зона, факторы изоляции и гибридизации, метапопуляция, большой и крапчатый суслики

Three levels of Russet and Spotted Ground Squirrels' population relations (sympathy zone, local population, contacts of individuals) are reviewed. Dynamics of species' number, distribution and sociability in recently formed sympathy zone are given, two main directions of interspecific relations development – reproductive isolation and hybridization – are revealed. Complex of ecological factors that effects on interspecific relations development is revealed. It is defined that depends on initial conditions in mixed population the same factors was determined interspecific relations development in one of noted directions.

---

<sup>3</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (№ 12-04-97062 p\_поволжье\_a; № 12-04-31035, №14-04-00301 а)

**Key words:** sympatry zone, hybrid zone, factors of isolation and hybridization, metapopulation, Russet and Spotted Ground Squirrels.

Удобной моделью для исследований отношений близкородственных видов млекопитающих является сформировавшаяся на территории Ульяновской области зона симпатрии большого и крапчатого сусликов [14]. Сходство биотопических предпочтений видов [2, 3] стало одной из предпосылок формирования в зоне симпатрии контактных поселений. Регистрация межвидовых гибридов в некоторых из них позволяет выделить в зоне симпатрии гибридную зону. Одновременно с этим в зоне симпатрии возможны регистрация и изучение контактных поселений с межвидовой репродуктивной изоляцией и устойчивой пространственно-этологической структурой образующих их одновидовых популяций.

Цель настоящей работы – выявление комплекса экологических факторов, препятствующих и (или) способствующих гибридизации большого и крапчатого сусликов, а также условий, определяющих вектор действия этих факторов.

**Материалом** работы послужили данные полевых исследований (2004-2013 гг.) локальных популяций большого ( $n=12$ ) и крапчатого ( $n=10$ ) сусликов, а также контактных поселений видов ( $n=3$ ). Всего было помечено и генетически паспортизировано 376 сусликов, в том числе 268 больших, 151 крапчатых и 47 гибридных особей. Мечение включало фото- и видеосъемку особи, морфометрию тела, индивидуальное мечение и прижизненное взятие проб биологических тканей [6, 8]. Взаимное расположение индивидуальных участков особей, их границы, расположение центров активности и их удаление у разных зверьков проанализировано по данным GPS-картирования, обработанным с использованием пакета программ OziExplorer. Молекулярно-генетические исследования проводились на базе лаборатории молекулярной экологии Пензенского государственного университета. ДНК выделяли из образцов печени, когтевых фаланг пальцев по стандартной методике [23]. Полимеразную цепную реакцию (PCR) проводили в стандартной реакционной смеси с использованием специфических для сусликов праймеров [4, 5, 18]. Генетическая структура гибридной популяции описывалась по 3 показателям: 1) уровень гетерозиготности, 2) соответствие наблюдаемого соотношения генотипов с теоретически ожидаемым (соотношение Харди-Вайнберга), 3) сила потока генов ( $M$ ) из популяций родительских видов в гибридную. Отношения видов исследовались на уровне зоны симпатрии, уровне локальной популяции и уровне индивидуальных контактов особей.

**Зона симпатрии** (рис. 1), несмотря на значительную площадь (около 4200 км<sup>2</sup>), характеризуется мозаичным распределением локальных популяций видов и низкой степенью их контактности. Это обусловлено фрагментацией пригодных для жизни сусликов биотопов в лесостепной зоне Правобережья и недавней депрессией численности обоих видов [6]. За период исследований в зоне симпатрии зарегистрировано 5 контактных поселений [6, 18, 19]. Большинство из них ( $n=3$ ) локализованы в остепненных суходольных балках, в условиях которых крапчатые суслики тяготеют к верхним плакорным участкам разнотравной степи, а большие суслики – к участкам с мезофитной растительностью.

Крапчатый суслик – аборигенный вид волжского Правобережья – характеризуется почти облигатными биотопическими предпочтениями (верхние сухие плакорные участки, схожие со степью, с богатой злаковой растительностью и многолетним степным разнотравьем), низкой экологической пластичностью и низкой подвижностью особей.

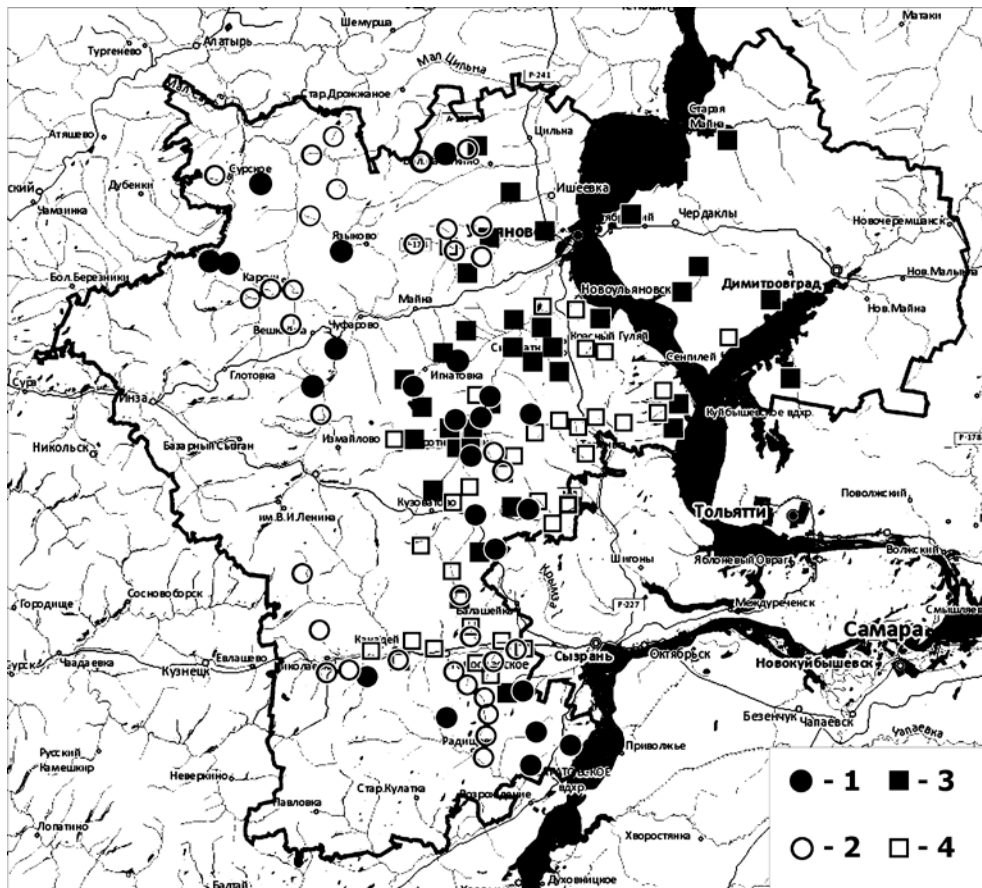


Рисунок 1 – Современное состояние зоны симпатрии большого и крапчатого сусликов: 1 – действительные поселения крапчатого суслика; 2 – бывшие поселения крапчатого суслика, 3 - действительные поселения большого суслика, 4 - бывшие поселения большого суслика

Большой суслик, напротив, экологически более пластичен, характеризуется широким спектром биотопических предпочтений [2, 3, 9, 11, 13, 15, 16]. Освоению большим сусликом новых биотопов волжского Правобережья способствует более выраженная, по сравнению с аборигенным *S.suslicus*, миграционная активность особей. В ходе проведения ареалогических исследований отмечено, что крапчатый суслик восстанавливает свою численность, осваивая местообитания большого суслика, при условии их соответствия биотопическим предпочтениям вида. Чаще всего *S.suslicus* заселяет сухие плакорные участки остепненных балок, которые являются участками, используемыми большим сусликом для зимовки [19]. Трансформация видовых стратегий освоения нового жизненного пространства в условиях зоны симпатрии способствует возникновению межвидовых контактов на уровне локальных популяций и непосредственных взаимодействий гетероспецификов.

Ареалы многих колониальных видов млекопитающих вследствие мозаичности пространственного распределения пригодных для жизни биотопов имеют дискретную (метапопуляционную) структуру [1, 6, 7, 14, 19]. Такие ареалы представляют собой сеть пространственно изолированных локальных популяций, объединенных посредством мигрантов [28, 29]. При условии сходства биотопических предпочтений близкородственных видов с дискретными ареалами возникают предпосылки формирования широкой зоны симпатрии с хорошо выраженной мозаикой участков контакта, а также смешанных локальных популяций – потенциальных очагов гибридизации [19].

**Структура локальной популяции.** Пространственная структура определяет характер распределения ресурсов между индивидами в поселении, а также образование различных группировок особей [12, 21, 22, 24, 26, 27, 30]. Устойчивость пространственной структуры популяции обеспечивается при оптимальной численности (плотности) особей в популяции.

В смешанной популяции с оптимальной численностью конспецификов видовые группировки были репродуктивно изолированы, характеризовались видоспецифическими особенностями использования пространства (рис. 2) [16, 17]. Общая структура поселения представляла собой результат «наложения» или «соприкосновения» видоспецифических пространственных структур [6, 18].

В условиях симбиотопии и депрессии численности в видовых группировках особей у обоих видов отмечается трансформация стратегий использования пространства. Гибридное поселение большого и крапчатого сусликов «Цивильск» (г. Цивильск, Цивильский р-н, Чувашия) характеризуется отсутствием притока вселенцев, стабильно низкой численностью особей родительских видов, масштабной гибридизацией (доля гибридов – 71%) и полной интеграцией видовых пространственных структур.

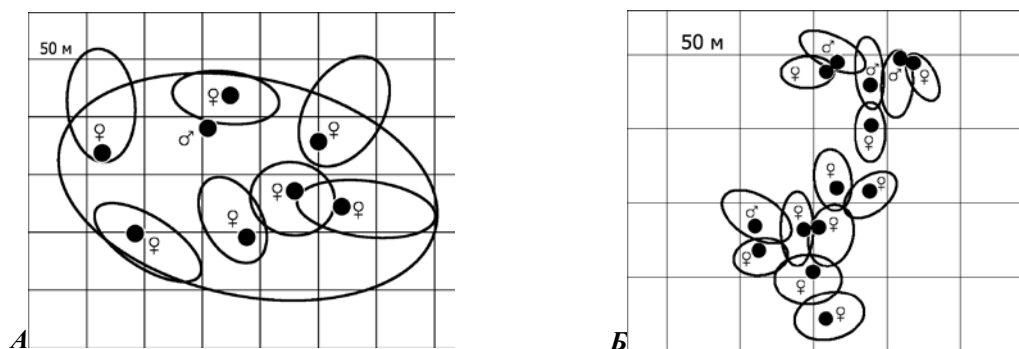


Рисунок 2 – Взаимное расположение участков обитания больших (А) и крапчатых (Б) сусликов в видовых популяциях в совместном поселении «Смышляевка» (с. Смышляевка, Кузоватовский р-н, Ульяновская обл.)

В условиях депрессии численности поддержание видоспецифических пространственных структур становится невозможным, формируется интегрированная пространственная структура, в которой функциональная нагрузка (в том числе, репродуктивная), обеспечивающая устойчивость «гибридной» структуры, перераспределяется между гетероспецификами, что способствует процессу гибридизации.

В популяции гибридов отмечались агрегации родственных самок и группировки самцов, а также одиночные самцы и самки, то есть черты, характерные для стратегий использования пространства обоих симпатрических видов (рис. 3). Сочетание в структуре гибридной популяции видоспецифических особенностей стратегий использования пространства, их взаимное обогащение элементами группового обитания повышает разнообразие функциональных связей особей в гибридной популяции, способствует её устойчивости.

**Контакт разнополых гетероспецификов.** Предпосылками гибридизации в смешанной локальной популяции являются сезонное перераспределение пространства и различные сроки наземной активности симпатрических видов. Влияние этих факторов хорошо заметно в смешанном поселении большого и крапчатого сусликов балочного типа со спорадической гибридизацией.

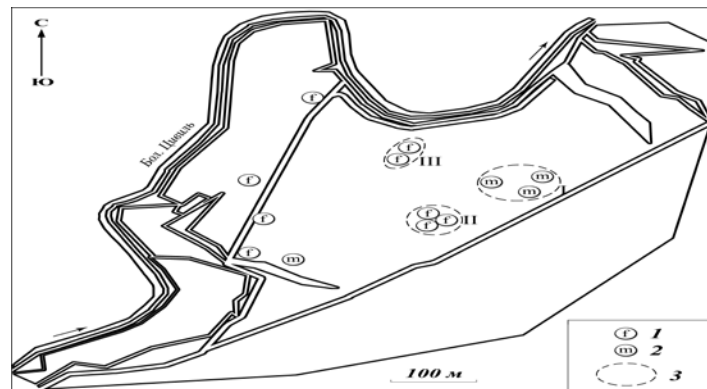


Рисунок 3 – Одиночные гибридные особи и их группировки в поселении «Цивильск» (г. Цивильск, Цивильский р-н, Чувашия) в 2005 году: 1 – гибридные самки, 2 – гибридные самцы, 3 – группировки гибридов: I – группировка самцов, II и III – группировки самок

Крапчатые суслики в условиях балочного поселения занимают верхние сухие плакорные участки разнотравной степи. Большие суслики проводят сезон активности на пойменной луговине, а зимуют на плакорных участках разнотравной степи [16]. При этом сроки залегания разных категорий особей *S. major* не одинаковы. Молодые самцы уходят на зимовку и пробуждаются весной позже взрослых, что затрудняет их участие в конспецифичных репродуктивных контактах. В условиях смешанного поселения балочного типа сроки пробуждения молодых самцов большого суслика приходились на выход из спячки взрослых самок крапчатого суслика. Молодые самцы большого суслика и взрослые самки крапчатого суслика почти не имеют достоверных различий по морфологическим показателям (тест Манна-Уитни: длина тела –  $U=30.0$ ,  $Z=-2.19$ ,  $p=0.028$ ; длина стопы –  $U=12.0$ ,  $Z=0.0$ ,  $p=1.00$ ; длина хвоста –  $U=8.0$ ,  $Z=-0.85$ ,  $p=0.594$ ). Их пространственная близость в условиях половой депривации могут способствовать возникновению репродуктивных контактов в период гона. Существование таких контактов доказывают отловы гибридов ( $n = 4$ ) на границе областей распространения видов в границах балочного поселения [6].

В условиях депрессии численности в видовой группировке особей смешанного поселения в течение всего срока наземной активности основной предпосылкой гетероспецифичных репродуктивных контактов выступает явление половой депривации (нехватки конспецифичных половых партнеров). У сусликов популяционное состояние половой депривации усиливается короткими сроками периода размножения, обусловленными непродолжительностью эструса самок после длительной гибернации.

С точки зрения «судьбы» вида, в смысле сохранения видоспецифической генетической информации в гибридном потомстве, явление гибридизации имеет два важных с эволюционных позиций проявления. С одной стороны, гибридизация ведет к размыванию генофонда вида, с другой – в депрессивных ситуациях обеспечивает не только сохранение генетической информации вида в гибридном потомстве, но и взаимное обогащает генофонды гибридизирующих видов. Эта особенность межвидового скрещивания позволяет рассматривать гибридизацию как плату видов за размножение (trade-off – концепция). Генетическая структура гибридной популяции большого и крапчатого сусликов с масштабной интрогрессивной гибридизацией в сравнении ее с генетической структурой одновидовых популяций *S. major* и *S. suslicus* может рассматриваться в качестве доказательства изложенных выше суждений.

Значения ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности в гибридном поселении не имеют достоверных различий ( $\chi^2 = 2.2$ ,  $df = 2$ ,  $p = 0.327$ ). При рассмотрении динамики значений  $H_e$  и  $H_o$  по годам (2004–12 гг.) достоверные различия наблюдались только до 2007 г. (2004–06 гг.:  $p < 0.05$ ; 2007 г.:  $p = 0.5$ , 2008 г.:  $p = 0.45$ ). Полученные результаты указывают на то, что генетическая структура гибридной популяции постепенно стабилизируется и поддерживается в этом состоянии при помощи автономных генетических процессов в соответствии с законом Харди-Вайнберга. В депрессивных одновидовых популяциях многолет-

ная динамика значений наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности по большинству из годов характеризуется достоверными различиями значений этих параметров [1].

Динамика значений потока генов (M) в гибридную популяцию, как правило, коррелирует с миграционной активностью особей симпатрических видов. Поток генов большого суслика максимален в периоды активного вселения особей вида в гибридную популяцию и минимален после прекращения вселения *S. major* [20]. В среднем в гибридном поселении интенсивность генного потока *S. major* ( $M_m = 0.52$ ) была почти равна таковой *S. suslicus* ( $M_s = 0.48$ ) (рис. 4). Эти данные свидетельствуют о ненаправленной интрогрессии, подчинённой внутренней динамике видового состава популяции, которая вызвана изоляцией этой популяции и отсутствием притока особей родительских видов.

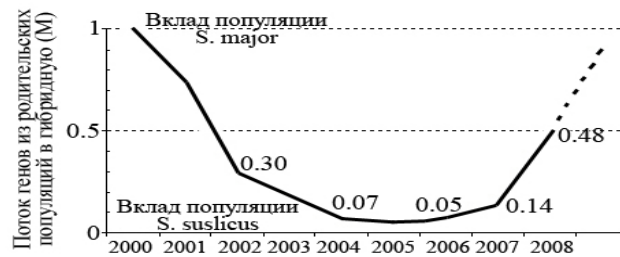


Рисунок 4 – Динамика потока генов (M) из родительских популяций в гибридном поселении большого и крапчатого сусликов «Цивильск»

По результатам анализа микросателлитной ДНК, гибридная популяция обладает большим аллельным разнообразием по сравнению с популяциями родительских видов (рис. 5). Следовательно, гибридизация является одним из путей повышения генетической разнокачественности особей в популяции, что косвенно указывает на возможное расширение границы зоны оптимума её существования, повышение её адаптивных возможностей и устойчивости в пространстве и времени.

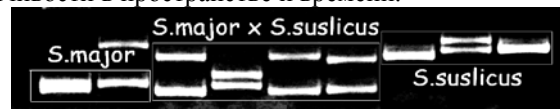


Рисунок 5 – Результаты анализа микросателлитной ДНК больших и крапчатых сусликов, а также их гибридов из поселения «Цивильск» (STR1, (GAAA)<sub>n</sub>(AGGG)<sub>m</sub>-повтор)

Исследование взаимоотношений большого и крапчатого сусликов на разных уровнях контакта видов позволяет выделить комплекс факторов и условий, определяющих судьбу этих отношений (табл. 1).

Таблица 1 – Факторы и условия, определяющие развитие межвидовых отношений в зоне контакта близкородственных видов.

Уровень контакта	Факторы	Условия
Зона симпатрии	биотопические предпочтения видов, видоспецифические особенности стратегии освоения жизненного пространства, миграционная активность особей	наличие и распределение в зоне контакта пригодных местообитаний и дистанции между ними, численность особей симпатрических видов
Локальная популяция	Видоспецифическая пространственная структура (социодемографическая структура и стратегии освоения пространства поселения)	численность конспецификов, состояние местообитания, дистанция от других локальных популяций
Взаимодействия особей	сезонное перераспределение пространства в поселении, сроки наземной активности симпатрических видов	короткий период репродуктивной активности, численность конспецифичных половых партнеров, дистанция между разнополыми гетероспецифи-

	ками, биотопические условия
--	-----------------------------

Совокупность факторов, действующих на уровне зоны симпатрии, и условий, определяющих направленность действия этих факторов, составляют основу метапопуляционной структуры популяций животных с дискретными ареалами [28, 29].

Таким образом, направление межвидовых отношений близкородственных видов в зоне их контакта (репродуктивная изоляция или гибридизация) определяют одни и те же факторы, «вектор действия» которых зависит от исходных условий в зоне симпатрии в целом и в конкретной смешанной локальной популяции в частности. Гибридизацию в этом случае можно рассматривать как вынужденную адаптацию к половой депривации. Ее биологическое значение заключается в сохранении генофонда вида в гибридном потомстве (при условии его фертильности) и обогащении видового генофонда генами близкородственного вида, которые повышают адаптивные возможности гибридных особей и гибридной популяции в целом в неблагоприятных условиях (депрессия численности, деградация биотопа и др.).

#### **Список литературы**

1. Бакаева С.С. Современное состояние популяций крапчатого суслика (*Spermophilus suslicus* Guld.) в восточной части ареала: метапопуляционная структура, биотопическая приуроченность: генетическое разнообразие. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Пенза.: ПензГТУ, 2013. – 24 с.
2. Громов И.М. Фауна СССР. Млекопитающие. Т. III, вып. 2. Наземные белчицы (*Marmotinae*). – М.-Л.: Наука, 1965. – 468 с.
3. Громов И.М., Ербаева М.А. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Зайцеобразные и грызуны. СПб.: Изд-во ЗИН РАН, 1995. – С. 113-115, 129-131.
4. Ермаков О.А., Сурин В.Л., Титов С.В., Тагиев А.Ф., Лукьяненко А.В., Формозов Н.А. Изучение гибридизации четырех видов сусликов (*Spermophilus*: *Rodentia*, *Sciuridae*) молекулярно-генетическими методами // Генетика. – 2002 – №7 – Т. 38. – С. 950–964.
5. Ермаков О.А., Сурин В.Л., Титов С.В., Зборовский С.С., Формозов Н.А. Поиск видоспецифических маркеров в Y-хромосоме и их использование при изучении гибридизации сусликов (*Spermophilus*: *Rodentia*, *Sciuridae*) // Генетика. – 2006. – № 4. – Т. 42. – С. 538-548.
6. Кузьмин А.А. Зона гибридизации большого (*Spermophilus major* Pall., 1770) и крапчатого (*S. suslicus* Guld., 1770) сусликов: экологические, поведенческие и генетические особенности. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: МГУ. – 2009. – 24 с.
7. Кузьмин А.А., Титов С.В. Особенности формирования смешанных поселений большого (*Spermophilus major* Pall.) и крапчатого (*S. suslicus* Guld.) сусликов // Бюлл. Московского об-ва испытателей природы. Отдел биол. – 2006. – Т. 111. Вып. 5. – С. 41-43.
8. Кучерук В.В. Количественный учет важнейших видов грызунов и землероек // Методы учета численности и географического распределения наземных позвоночных. М.: АН СССР, 1952. – С. 9-45.
9. Огнев С.И. Звери СССР и прилежащих стран. Грызуны. Т. 5. – М.-Л.: АН СССР, 1947. – С. 46-65, 142-159.
10. Панов Е.Н. Поведение животных и экологическая структура популяции. – М.: Изд-во: Наука, 1983. – 423 с.
11. Попов В.А. Млекопитающие Волжско-Камского края (насекомоядные, рукокрылые, грызуны). Казань, 1960. – 468 с.
12. Попов В.В., Вержуцкий Д.Б. Агрегации самок у длинхвостого суслика. Грызуны: Тез. докл. VII Всес. совещ. Т. 3. – Свердловск, 1988. – С. 71.
13. Стариков В.П., Гумаров А.М. Некоторые особенности рыжеватого суслика лесостепи южного Зауралья // Тезисы докладов и материалы 3-ей региональной конференции «Животный мир Южного Урала и Северного Прикаспия». – Оренбург. Изд-во ОГПИ, 1995. – С. 35-40.

14. Титов С.В. Взаимоотношения крапчатого и большого сусликов в недавно возникшей зоне симпатрии: Автореф. дисс ... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 1999. – 24 с.
15. Титов С.В. Биотопические предпочтения большого (*Spermophilus major* Pall.) и крапчатого (*S. suslicus* Güld.) сусликов в недавно возникшей зоне симпатрии // Зоол. журн. – 2000. – Т. 79. – № 1. – С. 64-72.
16. Титов С.В. Пространственная структура поселений большого и крапчатого сусликов в Поволжье // Зоол. журн. – 2001. – Т. 80. – № 6. – С. 731-742.
17. Титов С.В. Дисперсия молодых в поселениях большого и крапчатого сусликов // Экология. – 2003. – №4. – С. 289-295.
18. Титов С.В. Популяционные и генетические механизмы межвидовой гибридизации млекопитающих (на примере рода *Spermophilus*) Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. М.: МГУ. – 2009. – 48 с.
19. Титов С.В., Шмыров А.А., Кузьмин А.А., Ермаков О.А., Сурин В.Л., Формозов Н.А. Особенности динамики генетической структуры гибридных популяций млекопитающих (на примере р. *Spermophilus*) // Мат. междунар. конферен. «Молекулярно-генетические основы сохранения биоразнообразия млекопитающих Голарктики». М.: ТНИ КМК, 2007. – С. 258-269
20. Шилова С.А., Шилов А.И., Левина Л.Е., Родионова Е.И. Некоторые черты пространственно-этологической структуры популяции длинхвостого суслика (*Citellus undulatus* Pall.) и попытки её направленного изменения // Зоол. журн., 1979. Т. 58. – № 7. – С. 1042-1046.
21. Шилов И.А. Эколого-физиологические основы популяционных отношений у животных. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 261 с.
22. Arrigi F.E., Bergendahl G., Mandel M., 1968. Isolation and characterization of DNA from fixed cells and tissues // *Exp. Cell. Res.* № 50. P. 47–53.
23. Beollsoff D.E., Owings D.H., Penedo M.C., Hersek M.S., 1994. Reproductive behaviour and multiple paternity of California ground squirrels // *Anim. Behav.*, V. 47, № 5. P. 1057-1064.
24. Brown J.L., 1969. The buffer effect and productivity in tit populations // *Amer. Natur.* V. 103. P. 347-354.
25. Davis L.S., Murie J.O., 1985. Male Territoriality and the mating of Richardson's grand squirrels (*Spermophilus richardsonii*) // *J. Mammal.*, V. 66, № 2. P. 268-279.
26. Dobson F.S., 1983. Agonistic behavior and territoriality of the California ground squirrel // *J. Mammal.*, V. 64, № 2. P. 218-225.
27. Hanski, I. 1999. *Metapopulation Ecology*. Oxford University Press.
28. Hanski I., Gaggiotti O.E. 2004. *Ecology, Genetics and Evolution in Metapopulations*. Elsevier academic Press.
29. Johnson K., 1981. Social organizations in a colony of rock squirrels (*Spermophilus variegatus*, *Sciuridae*) // *Southwest. Natur.*, V. 26, № 3. P. 237-242.
30. Wiens J.A., 1973. Pattern and process in grassland bird communities // *Ecological Monographs*. V. 43. P. 237-270.



УДК 502.173:591.5

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СУТОЧНОГО РИТМА АКТИВНОСТИ  
ДИКОГО СЕВЕРНОГО ОЛЕНЯ (*Rangifer tarandus L.*)  
КАК ОТКЛИК НА ВНЕШНИЕ ФАКТОРЫ БЕСПОКОЙСТВА**

© *Н.В. Малыгина, Уральский федеральный университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург, Россия)*

**WILD REINDEER (*Rangifer tarandus L.*) DEFENSIVE BEHAVIOUR  
AS SOME REACTION ON OUTER DISTURBANCES**

© *N. V. Malygina, Ural Federal University named after the first President of Russia  
B.N. Eltzin (Yekaterinburg, Russia)*

Статья посвящена особенностям суточного ритма активности дикого северного оленя (*Rangifer tarandus L.*) Восточного Таймыра в период летовки. Рассматриваются поведенческие характеристики в ответ на действие различных факторов беспокойства, как антропогенных, так и природного происхождения.

**Ключевые слова:** дикий северный олень, факторы беспокойства, суточные ритмы, поведенческие характеристики, летовки.

This article is devoted to some wild reindeer behavior characteristics as a reaction on natural and anthropogenic irritators. Discussion of wild reindeer defensive specimen as some adaptation to both altering environmental conditions and anthropogenic irritators on some places of summering has been opened.

**Key words:** wild reindeer, irritators, circadian rhythms, behavior characteristics, places of summering.

**E-mail:** adelaviza@gmail.com

Суточные ритмы животных – это очень специфическая и иерархически высоко стоящая часть поведения [7; 9]. Направленного изучения суточной ритмики дикого северного оленя Таймырской популяции не было. Однако этот материал может служить экспериментальной базой при планировании ряда мероприятий в рамках программы рационального использования и охраны природной среды северных регионов, а также представляет определенный интерес в теоретическом плане: изучение изменения этологической характеристики животных (в данном случае суточного ритма) при наличии антропогенного фактора беспокойства. Объект исследования: таймырская популяция дикого северного оленя (*Rangifer tarandus L.*).

Цель работы – определение суточного ритма активности дикого северного оленя на примере животных Таймырской популяции в условиях, заданных стереотипом годового цикла северных оленей для данного участка региона в определенный промежуток времени, а также изменение этого ритма при наличии факторов беспокойства.

Методы. В период с 1984 по 2002 гг. были проведены полевые работы продолжительностью 19 месяцев, в том числе более 600 часов наземных и 500 часов авианаблюдений дикого северного оленя на территории Восточного Таймыра. Общая протяженность маршрутов авианаблюдений составляла около 60 тыс. км. Бюджет времени непотревоженных животных рассматривался как норма реакции, в сравнительном аспекте с соответствующими временными периодами при наличии раздражителя антропогенного происхождения и влиянием фоновых (климатических) факторов беспокойства – повышение температуры, гнуса. Для наблюдений отбирались только небольшие стада (до 10 голов). В качестве антропогенных раздражителей были взяты: выстрелы в воздух, крики, грохот банок, шум двигателя ЗИЛ-157, шум мотора «Вихрь», шум двигателя вездехода ГАЗ-71 (около границ заповедника работала геологоразведочная экспедиция), шум двигателя вертолета МИ-8.

Основными типами активности оленей являются различные аспекты (позиции) оборонительного типа активности: поза настороженности, передвижение шагом, смотровые прыжки, слабый бег рысью, сильный бег галопом. Заранее на маршрутах были определены стационарные точки с хорошим обзором, откуда можно было провести долгосрочные

наблюдения. В случае необходимости наблюдатель продвигался вслед за медленно движущимся стадом (или отдельными особями) до тех пор, пока позволял рельеф местности, а именно: отсутствие глубоководных и достаточно больших водоемов. Для каждой выборки (группы, отдельной особи) заносились на карточку следующие данные: 1. Дата 2. Период наблюдений 3. Количество наблюдаемых животных 4. Пастьба 5. Отдых 6. Активность. Регистрация времени активности животных производилась путем визуального наблюдения и записи по секундомеру моментов начала и окончания периодов определенных состояний. В целом, при выполнении этой работы автор руководствовался разработками и методическими указаниями Gaage et al (1975).

*Бюджет времени по норме реакции.* Летний период (третья декада июня, июль) в годовом стереотипе пространственного распределения популяции характеризуется скоплением животных в местах летовок в виде рассеянно-дробных (рыхлых) стад [5]. Для всех животных характерно чередование времени покоя и деятельности, но у одних то и другое занимает определённый период времени, тогда как у круглосуточно активных видов краткие периоды активной деятельности сменяются столь же кратковременными периодами покоя во все части суток [6]. Известно, что для дикого северного оленя характерен полифазный ритм суточной активности с правильным чередованием периодов кормежки и отдыха [1]. Наблюдения за серией опытных образцов позволили выявить некоторые закономерности в типе суточной активности дикого северного оленя в период летовки (II и III декады июля, первая декада августа). Эти данные были взяты как норма реакции. Поведенческой особенностью пищевой доминанты этого периода (помимо избирательности кормов) является постоянное движение стад по местам летовок, причем активная суточная площадь на одного оленя – 3,5 га, а кормовая – 0,074 га [8]. Но в целом характер передвижения стад, временные и скоростные особенности определены рядом экологических условий, основные из которых – погодные (наличие гнуса, характер ветра, температурный режим). В исследуемый период исключительно комфортные условия (отсутствие осадков, редкие вылеты гнуса, средняя суточная температура +15<sup>0</sup>С) наблюдались в июле-августе 1984 года в районе озера Таймыр – бухта Ледяная. Подобные же дни выбирались при проведении наблюдений в районе п. Хатанга (Метеосводки ГМС «Полярная станция» и «Хатанга» обработаны О.А. Кулаковой).

Наиболее отличительным признаком климатических условий бассейна реки Верхняя Таймыра (сезоны 1985-86 гг.) были частая смена прохладных, холодных, теплых и жарких дней, осадков в виде дождя, ветра и спокойной безоблачной погоды, массовый вылет гнуса или его отсутствие. Средняя температура холодных дней была +8<sup>0</sup>С -12<sup>0</sup>С, в жаркие дни температура на солнце достигала +32<sup>0</sup>С. Сезон 1989 года характеризовался поздней весной (поздним таянием снега). Летнего режима практически не наблюдалось, соответственно в жизненном цикле северных оленей отсутствовал как таковой период летовок. Как показал хронометраж активности оленей, для них характерно более или менее правильное чередование периодов активности и отдыха, причем после нескольких часов пастьбы и движений приблизительно тот же период времени звери отдыхают лежа и переваривают пищу. По нашим наблюдениям, в аналогичных ситуациях, коими являются участки, где проводились работы, в одно и то же время года животные показывают практически одинаковую суточную активность. Наш вывод подтверждается сообщениями ряда авторов о том, что суточный ритм одинаков как по характеру, так и по продолжительности и для отдельных групп, и для стад любой численности. Даже группировки 100+..., 1000+... показывают четко выраженную тенденцию синхронизировать свою активность таким образом, что за четверть часа стадо может быстро переходить от пастьбы и движения к лежке и наоборот [13; 14; 15; 16; 17; 18].

Российским зоологом В.А. Зыряновым [3] отмечается синхронность и согласованность в поведении диких северных оленей Таймырской популяции оленей во II и III декаде июня в местах отела (наблюдения в 1968 году – в районе озера Мокорито, в 1969-71 годах - в среднем течении реки Пуры). По наблюдениям автора, ритмы активности и покоя животных последовательно сменяют друг друга. Если одно отдельное

животное начинает кормиться, то его примеру сейчас же следуют все особи данного стада. Если укладываются на лежку, то опять же всем стадом.

По нашим данным, средняя продолжительность времени активности – 2 час. 10 мин.; из них: пастьба – 1 час. 20 мин.; иные виды активности (стояние, передвижение шагом, бег) – 0 час. 50 мин.; время отдыха – 1 час. 30 мин. При этом в течение суток периоды активности (разные ее виды) и отдыха чередуются 7-8 раз. Это можно объяснить тем, что II и начало III декады июля характеризуются высоким ритмом, так как это период появления зелени: раньше всего появляются побеги осок, пушиц, злаков и молодая листва разнотравья. Осоки, пушицы и злаки служат основным кормом оленей на протяжении всего летнего периода – 37,7% рациона [4]. Зеленые корма дают быстрое насыщение и быстрее пережевываются [2].

Механизм эндогенной регуляции, контролирующей периодичность у животных, еще не полностью изучен, но, по предположениям ряда авторов, он связан со скоростью опорожнения рубца и концентрации продуктов переваривания в рубце и крови [10]. К концу июля – началу августа, когда зелень грубеет, периоды пастьбы и отдыха становятся продолжительнее: пастьба – 2 час. 20 мин., отдых – 2 час. 16 мин., продолжительность периодов иных видов активности – 0 час. 20 мин. При этом частота ритма пастьбы сокращается не более 5 – 6 раз.

По данным некоторых исследователей, для семейства оленей характерны в ритме суточной активности два пика – продолжительная пастьба при восходе и более продолжительный отдых при закате [11; 12]. Vanfield [12] отмечал более долгий период отдыха ближе к полудню у карibu тундрового (аналога дикого северного оленя американского континента). Ряд других авторов, кто касался вопроса суточной ритмики, не отмечает ни у карibu, ни у дикого северного оленя явно выраженного превалирования какого-либо вида активности в какой-либо определенный выраженный временной промежуток (время суток) [16; 13]. Анализ наших наблюдений суточной ритмики не выявил преобладания какого-либо вида активности в связи с определенным временем суток, т.е. животные не стремились дольше пастись или отдыхать ночью или днем; возможно, это связано с особенностями фитоцикла в условиях пика «арктического дня» (практически, отсутствие восхода и захода солнца). Основными показателями при определении суточной ритмики животных являются продолжительность пастьбы и отдыха (лежки). Средняя суммарная продолжительность пастьбы II декады июля (I период – появление первой зелени) – 43,8%, III декады июля и I декады августа (II период – огрубление зелени) – 48,7%, с продолжительностью отдыха – 52,6% и 47,8% соответственно (табл. 1). На рисунке 1 показаны примеры суточной ритмики двух особей (I – самец, II – самка), наблюдаемой нами в июле 1986 года (горы Бырранга, долина р. Дябьяка-Тари).

*Характер изменений бюджета времени при действии фактора беспокойства антропогенного происхождения.* Результаты распределения бюджета времени при введении раздражителя антропогенного происхождения в сравнительном аспекте с нормой реакции сведены в следующую таблицу 1.

Таблица 1

Период суточного ритма	Время (%)			
	Норма реакции		При введении раздражителя	
	быки	важенки	быки	важенки
	III декада июня - II декада июля	III декада июля - I декада августа	III декада июня - II декада июля	III декада июля - I декада августа
Активность (пастьба + иные виды активности)	47,4 (43,8 + 3,6)	52,2 (48,7 + 3,5)	76,9 (44,6 + 32,3)	75,5 (47,2 + 28,3)
Отдых	52,6	47,8	23,1	24,5

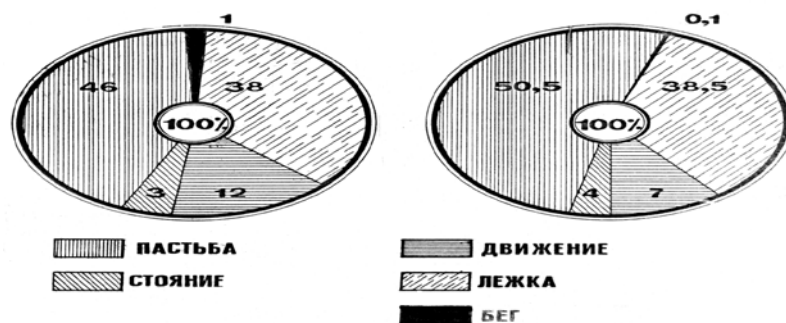


Рисунок 1 – Распределение бюджета времени дикого северного оленя таймырской популяции в суточном цикле (левая диаграмма – бык, правая диаграмма – важенька).  
 Место наблюдения: г. Бырранга, I каньон.  
 Время наблюдения: 15 – 17 июня 1986 года.

Из приведенных количественных характеристик видно: фактор беспокойства, увеличив частоту перерывов пастыбы, не уменьшил ее во времени (43,8 и 44,6; 48,7 и 47,2, соответственно), но достаточно показательно уменьшил время отдыха (52,6 и 23,1 у быков, 47,8 и 24,5 – у важенок). Таким образом, при введении раздражителя период активности животных увеличивается, но за счет увеличения времени стояния, передвижения шагом, появления поз настороженности и других элементов оборонительной активности период пастыбы остался без изменений. Факт, что продолжительность пастыбы практически не изменяется, можно объяснить тем, что в сезон наблюдений (конец июня – июль – начало августа) – период нагула и жировки в жизненном цикле диких северных оленей, у животных настолько мощная пищевая доминанта, что она превалирует над оборонительной, ослабляя реакцию на раздражающий фактор. Даже такой мощный фактор беспокойства, как авиация, не заставит животных уменьшить по количеству и по времени потребление корма.

Таким образом, главенствующий поведенческий феномен диких северных оленей после действия раздражителя представляет собой почти постоянное чередование передвижений и пастыбы, в значительно меньшей мере отдыха. Парадоксальным, на наш взгляд, поведенческим проявлением является тот факт, что животные, как правило, не покидали той станции, где их застал раздражитель, не восстановив норму реакции (соответственные количественные характеристики). То есть при усилении двигательной активности как реакции на действие фактора беспокойства они передвигались по круговой траектории на одном и том же достаточно ограниченном участке.

*Реакция на фоновые (климатические) факторы беспокойства.* Фоновыми (естественными) факторами беспокойства, которые оказывают совершенно определенное влияние на суточную ритмику диких северных оленей, являются ветер и гнус. При ветре, особенно сопровождающемся низкими температурами, олени тесно скучиваются, опустив голову и отвернув ее от ветра, при ужесточении данного климатического режима животные лежат, компактно свернувшись в клубок, подставив ветру спину и максимально спрятав голову. Для их лежки звери «выбирают» склоны холмов и других возвышенностей с «подветренной» стороны. При очень сильных ветрах такая этологическая характеристика усложняется чередованием лежки и вставанием и быстрым бегом, при этом стадо расщепляется, а через некоторое время вновь собирается в клубок. Считается, что подобное поведение является попыткой сохранить тепло тела. Высокие температуры и безветренные дни, хотя и считаются по чисто климатическим признакам комфортными, однако обычно сопровождаются массовым вылетом гнуса. На территории, где проводились наблюдения, «днями гнуса» можно приближенно считать период с 1 июля до 10 августа (40 дней), из них период интенсивного вылета – до 10 дней начиная с II декады июля. По нашим наблюдениям, если температура воздуха в пределах 10°C, вылет гнуса малой интенсивности. Животные, как правило, не прерывают ритма активности, характерные для данного времени суток, а сопровождают все виды активности и отдых тряской головой, обмахиванием хвостом, переступанием с ноги на ногу. Если

температурный уровень выше 10°C, соответственно ужесточается прессинг гнуса, тогда звери иногда прерывают пастьбу (или отдых) и совершают короткие перебежки в пределах территории покрытия стадом. Мы считаем, что данный температурный порог (10°C < t < 20°C) не причиняет достаточного беспокойства животным, чтобы считать его причиной изменения суточной ритмики. При температурах, близких к 20°C и выше, которые обычно (особенно в безветренную погоду) сопровождаются интенсивным вылетом гнуса, животные выискивают и занимают комфортные участки (снеговые вкрапления, обдуваемые возвышенные части холмов, мелководные водоемы), где могут остановиться на продолжительное время, спасаясь от гнуса. Фрагментарные малые стада и группы объединяются в большие группировки и в быстром галопе проходят значительные расстояния. Такой этологический феномен мы наблюдали в период с 15 по 18 июля 1986 года (среднее течение р. Верхняя Таймыра-устье р. Большая Боотанкага), когда в течение четырех суток тысячные группировки оленей прогалопировали через территорию заповедника в горы Бырранга. Все попытки воздействия на животных раздражителями антропогенного происхождения (хлопки, крики, выстрелы, шум мотора) не изменили реакцию.

По данным зарубежных авторов, прессинг гнуса вызывает значительные потери времени пастьбы и отдыха и увеличивает продолжительность стояния, хождения, легкого бега и быстрого галопа. В Хандаргервидда (Норвегия) реагирование на беспокойства от насекомых – один из экологических моментов жизненного цикла дикого северного оленя летом. Из 77 дней наблюдений (с середины июня до конца августа, сезоны 1970-71 гг.) 46-47 – «дни гнуса», которые вызывают разной степени реакцию у животных [13]. Карibu арктических тундр Аляски находятся под таким жестким прессингом гнуса, что появление насекомых является основным фактором беспокойства – регулятором летней активности, движения и социальной структуры [13]. То есть климатический фоновый фактор в период летовки вызывает реакцию, которая становится поведенческой доминантой (комфортный тип активности), нивелирующей не только действие антропогенного фактора беспокойства (оборонительный тип активности), но и доминанту, запрограммированную стереотипом годового цикла для данного сезона (пищевой тип активности).

#### **Список литературы**

1. Баскин Л.М. *Северный олень: Экология и поведение*. – М.: Наука. – 1970. 151 с.
2. Баскин Л.М. *Поведение копытных животных*. – М.: Наука, 1976. – 295 с.
3. Зырянов В.А. *Особенности и характер весенней миграции диких северных оленей Таймырской популяции // Проблемы охраны и хозяйственного использования ресурсов диких животных Енисейского Севера*. – Новосибирск, 1979. – С. 15-18.
4. Колпацников Л.А. *Дикий северный олень Таймыра (Особенности экологии и рациональное использование ресурсов) / НИИСХ Крайнего Севера*. – Норильск, 1982. – 23 с.
5. Малыгина (Наурзбаева) Н.В. *Численность дикого северного оленя на территории госзаповедника «Таймырский» // Заповедники, их настоящее и будущее. Ч. III*. – Новгород, 1990. – С. 279-281.
6. Наумов Н.П. *Экология животных*. – М.: Высшая школа, 1963. – 618 с.
7. Слоним А.Д. *Среда и поведение*. – Л.: Наука, 1976. – 211 с.
8. Сыроечковский Е.Е. *Северный олень*. – М.: Агропромиздат, 1986. – 255 с.
9. Чернышов В.Б. *Теория поведения и суточные ритмы // Механизмы поведения*. – М., 1983. – С. 56-58.
10. Baile C.A., Forbes J.M. *Control of feed in tale and regulation of energy balance in ruminants // Physiol Rev.* 1974. v. 54. P. 160-214.
11. Banfield A.W.F. *Preliminary investigation of barren – ground caribou. Part II. Life history, ecology and utilization // Can. Wildlife. Serv. Manag. Bull.* 1954. Ser. No. 1. OB. P. 122.
12. Bubenik A. *Le rythme nycthe mer al et le regime journalier des ongulés sauvages – problemes théoriques – Rythme d'activité du chevreuil // Mammalia.* 1960. N. 24. P. 1-59.
13. Gaare E., B.R. Thomson and O. Kjos-Hansen, *Reindeer Activities on Hardangervidda // Fennoscandian Tundra Ecosystems. New York,* 1975. P. 206-215.

14. Gaare E. and T. Scogland. Wild reindeer food habits and range use at Hardangervidda // *Fennoscandian tundra ecosystems, part 2. Animals and Systems Analysis*. Ed. by F. E. Wielgolaski. *Ecol. Studies* 17. 1971. pp. 195-205.
15. Thomson B.R. Wild Reindeer activity, Hardangervidda / Trondheim: Norwegian IBP – Statens viltundersøkelser. 1971. 19 p.
16. Thompson B.R. Leadership in wild reindeer in Norway // *Proc. First Int. Reindeer and caribou Symp. Fairbanks / University of Alaska*. 1975. P. 462-474.
17. Thompson B.R. Behavior differences between reindeer and caribou (*Rangifer tarandus*) // *Proc. of the second int. Reindeer and Caribou Symp. Roros Norway, 1979*, P. 542-546.
18. Scogland T.: *Villreinens Labitatatferd. Hardagervidda 1970-73*. Trondheim: Norsb. IBR, Direktoratet for vilt og fereskvannsfisk. Viltforsknington 1974 (mimeogr. Stateus wiltundersøkelsek. Direktoratet for jaht, vietst og fershvannsfishe and Norwegian IBP (P UM): Rangifer workshop in Trondheim, 12. 17th of November 1973. 1974 (mimeogr.)

---

---

## РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ: НАУЧНЫЕ ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

---

---

УДК 908.470.40+574

### ПРОБЛЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ АКВАТОРИИ ОЗЕРА МОХОВОЕ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОСЕЛКА ЛЕОНИДОВКА ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

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

© *А.И. Иванов, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия  
(г. Пенза, Россия)*

© *А.А. Костычев, филиал РЦГЭКиМ по Пензенской области ФБУ «ГосНИИЭНП»  
(г. Пенза, Россия)*

### THE QUESTION OF ECOLOGICAL REHABILITATION OF THE LAKE MOKHOVOE IN SURROUNDINGS OF LEONIDOVKA COUNTRY IN PENZA REGION

© *E.A. Dudkin, Penza state university (Penza, Russia)*

© *A.I. Ivanov, Penza state agricultural academy (Penza, Russia)*

© *A.A. Kostichev, Regional Center of the State environmental control and monitoring in the  
Penza region FBU "GosNIENP" (Penza, Russia)*

В статье рассматривается вопрос экологической реабилитации акватории озера Моховое, нарушенной в результате работ по уничтожению химического оружия в конце 40-х годов XX века. Приводится характеристика современного состояния акватории, дается анализ загрязнения и предлагаются способы экологической реабилитации водоема.

**Ключевые слова:** химические боеприпасы, экосистема озера, острая токсичность, экологическая реабилитация, водные растения, известняк.

The article considers ecological rehabilitation of the lake Mokhovoe basin, which was broken as a result of the destruction of chemical weapons in the late 1940s. The characteristic of the current state of water area and pollution analyzes are presented, and ways of ecological rehabilitation of the lake are proposed.

**Key words:** chemical weapons, lake ecosystem, acute toxicity, ecological rehabilitation, aquatic plants, limestone

**E-mail:** rcgekim@mail.ru; myrow@yandex.ru

Проблема уничтожения аварийных химических боеприпасов достаточно остро стояла уже в конце 40-х годов XX в. Для ее решения использовались различные технологии в зависимости от типа отравляющих веществ (ОВ). Некоторые из них, в частности, табун, синильная кислота, фосген, гидролизуются до менее токсичных соединений в водной среде. В связи с этим для проведения работ по их уничтожению использовались естественные водоемы.

Озеро Моховое находится между пос. Леонидовка и пос. Золотаревка Пензенского района Пензенской области на границе 36 и 42 кварталов Пугачевского лесничества. Озеро представляет собой небольшой озерный водоем правильной округлой формы со следующими количественными показателями: диаметр – 500 м; протяженность береговой линии, при очень слабой изрезанности – 1520 м; площадь поверхности озера – 176963 м<sup>2</sup>; максимальная глубина – 3,55 м; средняя глубина – 1,69 м; объем водной массы – 298496 м<sup>3</sup>.

По происхождению озерной котловины оз. Моховое относится к числу суффозионных озер, о чем свидетельствует его положение на рельефе и правильная воронковидная форма. Рельеф рассматриваемой территории представляет собой плато, центр которого с абсолютными высотами 260 м находится в 1,25 км к северо-западу от озера. В связи с этим в данном направлении наблюдается постепенный подъем, обуславливающий уклон водоносных горизонтов и разгрузку подземных вод в виде ключей в северо-западной части изучаемого водоема. Само озеро расположено на краю уступа водораздельного плато,

от которого берут начало многочисленные ложбины стока, идущие в левый приток р. Суры – р. Медоевку, и непосредственно в Пензенское водохранилище.

Приход воды в оз. Моховое складывается из следующих составляющих: осадков на его поверхность, подземного притока и конденсации на его поверхность. Расход составляет испарение и поверхностный сток, имеющий периодический характер (апрель – май), а также подземный сток, который в результате суффозионных процессов, вероятно, также имеет место. Весной, когда за счет снеготаяния и подпора подземных вод уровень воды поднимается, сброс воды идет по отвержку оврага в северной части озера. Продолжительность стока около двух месяцев, объем стока – 23328 м<sup>3</sup> в год. Из оврага вода попадает в р. Медоевку, Золотаревские пруды и Пензенское водохранилище. Большую часть года поверхностный сток из озера отсутствует. Поэтому его можно отнести к типу озер с перемежающимся стоком. Цвет воды в ясную погоду голубой, что свидетельствует о незначительности органических примесей и слабом развитии фитопланктона.

В настоящее время биота озера сильно нарушена. Из водных растений здесь обитает только мох фонгиналис, из околководных – немногочисленные виды осок. Рыбы и земноводные в озере отсутствуют. Из беспозвоночных обитают лишь личиночные стадии видов, оплодотворение у которых происходит у взрослых форм в условиях суши (комары, стрекозы и т.п.), а также микроскопические ракообразные, которым свойственен партеногенез [3].

В 40-х годах прошлого века на месте озера в ходе выработки торфа образовался торфяной карьер. В послевоенные годы в районе карьера проводились работы по уничтожению аварийных авиационных химических боеприпасов.

При исследовании проб почвы, взятых в северном, северо-восточном и юго-западных секторах побережья озера, в пробах обнаружены 1,4-дифенилпиритин (специфический продукт детоксикации пирита), вещества люизитной группы, а также следы иприта. На дне озера, также в северном секторе, имеется участок с включениями шлака, а на берегу найдены обручи от тары боеприпасов. Все это подтверждает факт прошлого уничтожения боеприпасов, снаряженных ипритом и люизитом.

В 50-е годы котловина карьера заполнилась водой и в настоящее время идентифицируется как оз. Моховое. В 60-61 годах на озере были вновь проведены работы по уничтожению аварийных химических боеприпасов путем прострела и нейтрализации в воде. Тип уничтоженного ОВ неизвестен. Предположительно уничтожались трофейные авиационные химические боеприпасы, снаряженные табуном. Это подтверждается тем, что на побережье оз. Моховое, на северо-востоке и юго-востоке, в грунтовых водах обнаружено значительное превышение концентраций по общему фосфору и фосфатам, т.е. по направлению поверхностного и грунтового стока озера на восток и юго-восток.

Нейтрализация табуна может осуществляться реакцией гидролиза. Растворимость в воде примерно 12 % при 20 °С. При растворении табуна в воде происходит резкое уменьшение токсичности водных растворов. Концентрация ионов водорода в ходе гидролиза увеличивается и реакция ускоряется. В дистиллированной воде через 9 часов табуна гидролизуетеся на 50 % с образованием синильной кислоты. Синильная кислота гидролизуетеся до муравьиной кислоты. Это, возможно, и определяет высокую кислотность воды в озере [4].

Исследования проводились в соответствии с «Программой и методикой проведения комплексного обследования мест прошлого уничтожения химического оружия в Пензенской области», разработанной ФБУ «ГосНИИЭНП» и утвержденной Федеральным управлением по безопасному хранению и уничтожению химического оружия.

В период с июля по ноябрь 2009 г. на территории расположения оз. Моховое было отобрано:

- 13 проб природной воды, в том числе 8 из оз. Моховое, 4 пробы из наблюдательных скважин, а также для сравнения контрольная проба, отобранная в Городищенском районе из незагрязненного водоема подобного типа, и проанализировано по 15 ингредиентам;
- 9 проб донных отложений проанализированы по 20 ингредиентам;
- 33 пробы почвенного покрова проанализированы по 20 ингредиентам;
- 10 проб грунта проанализированы по 20 ингредиентам.



При проведении количественного химического анализа проб природной воды из оз. Моховое отравляющих веществ и продуктов их деструкции обнаружено не было. Главным показателем нарушения гидрохимической ситуации в оз. Моховое являются низкие показатели рН (4,1 - 4,5), что создает в нем неблагоприятные условия для развития флоры и фауны [2]. Превышение обнаружено только по ХПК, в среднем от 2 до 3 ПДК. В пробах воды из скважин по восточному и юго-восточному берегу на глубине 2 м обнаружено высокое содержание общего фосфора (превышение фонового показателя в 14,5 и 3,2 раза) и превышение фосфатов (18,5 ПДК и 6,0 ПДК). Кроме того, зафиксировано превышение ПДК по мышьяку в 1,6 раза.

Для обследования на предмет острой токсичности воды из оз. Моховое было отобрано 13 проб. Для контроля проведено биотестирование 1 пробы воды из незагрязненного водоема подобного типа. Всего проведено 28 анализов. При биотестировании проб воды, для получения наиболее достоверных данных использовались два тест-объекта: одноклеточная водоросль *Chlorella vulgaris* (ФР.1.39.2004.01143, ПНД Ф Т 14.1:2.3:4.10-04) и бактерия *Escherichia coli* (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.8-04; ПНД Ф Т 14.1:2.3:4.11-04). Таким образом, в качестве тест-объектов были задействованы представители разных систематических групп. Заключение о наличии острой токсичности пробы делалось на основании получения результатов, свидетельствующих о ее токсичности для одного и более тест-объектов. Из 14 проб острую токсичность показали 7, что составляет 50 % исследованных проб.

Как было показано выше, в оз. Моховое складывается неблагоприятная гидрохимическая ситуация, которая препятствует восстановлению экосистемы болотного типа. Создание условий, необходимых для развития последней, требует доведения неблагоприятных показателей ряда ингредиентов до оптимальных значений, рекомендуемых для рыбохозяйственных водоемов. Как показали наши исследования, вода озера и грунты, слагающие его дно и почвы, образующие прибрежную зону, имеют низкие показатели рН: вода – 4,1 - 4,4, донные отложения – 4,1 - 4,6, почвы, образующие прибрежную зону – 3,6 - 5,5.

Поэтому первым этапом реабилитации озера будет восстановление нормальных показателей рН. Для этого может подойти уже опробованный метод известкования. Согласно «Инструкции о порядке известкования прудов рыбоводных организаций», утвержденной постановлением Совета министров Республики Беларусь от 31 октября 2001 г. № 1580, основными мелиорантами для известкования рыбохозяйственных водоемов являются: гашеная известь – CaO, гашеная известь – Ca(OH)<sub>2</sub>, известняк – CaCO<sub>3</sub>.

Из перечисленных мелиорантов для песчаных и супесчаных грунтов наиболее эффективен известняк. Этот мелиорант характеризуется постепенным действием в связи с относительно слабой растворимостью. Последнее важно с той точки зрения, чтобы резкое изменение рН не привело к гибели уже сложившейся ацидофильной биоты озера.

В связи с тем, что низкие показатели рН в первую очередь связаны с низкими показателями рН ложа озера, известняк следует вносить в зимнее время путем равномерного покрова по льду. Норма внесения известняка для доведения рН до оптимального показателя 7-7,5 при исходной величине рН 4,1 составляет 3,2 т/га. Как было показано выше, площадь озера составляет 17,6 га, следовательно, общий расход мелиоранта составит 56,64 т.

Следующим этапом экологической реабилитации озера будет восстановление биоты. Водные растения в водоемах выполняют следующие основные функции: фильтрационную (способствуют оседанию взвешенных веществ); поглотительную (поглощение биогенных элементов и некоторых органических веществ); накопительную (способность накапливать некоторые металлы и органические вещества, которые трудно разлагаются); окислительную (в процессе фотосинтеза вода обогащается кислородом); детоксикационную (растения способны накапливать токсичные вещества и преобразовывать их в нетоксичные) [2].

Способность высших водных растений удалять из воды загрязняющие вещества – биогенные элементы (азот, фосфор, калий, кальций, магний, марганец, серу), тяжелые металлы (кадмий, медь, свинец, цинк), фенолы, сульфаты, и уменьшать ее загрязненность нефтепродуктами, синтетическими поверхностно-активными веществами, позволила ис-

пользовать их в практике очистки производственных, хозяйственно-бытовых сточных вод и поверхностного стока во всем мире.

Восстановление болотной экосистемы оз. Моховое будет осуществляться путем посадки семян растений таких видов, как рогоз широколистный и узколистый, а также тростник, сусак зонтичный и камыш озерный. Для таких видов, как касатик желтый, рдесты гребенчатый и курчавый, для скорейшего восстановления популяции может быть рекомендовано вегетативное размножение, частями корневищ и т.п. Заготовка посадочного материала возможна в природных болотных экосистемах Пензенской области.

В связи с тем, что загрязненной оказывается не только акватория озера, но и верховодка на прилегающей территории, залегающая на глубине от 2,6 до 3 м по восточной и южной части озера, возникает необходимость в ее детоксикации. В ряде пробуренных нами скважин отмечено высокое содержание растворимых соединений фосфора, а в скважине №45 – до 1,6 ПДК подвижных соединений мышьяка. Основным способом их детоксикации может быть повышение показателей рН верховодки до 6,5-7, при которых соли кальция мышьяксодержащих кислот, а также кальциевые соли фосфорной кислоты (за исключением тетрагидрофосфата кальция) также становятся нерастворимыми.

В качестве мелиоранта для известкования верховодки может быть рекомендована гашеная известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , представляющая собой тонкий порошок «пушенку», которая, по сравнению с другими известковыми материалами, оказывает наиболее быстрое нейтрализующее действие.

В связи с тем, что пласт водоупорных глин по отношению к озеру имеет уклон на юго-восток, вносить мелиорант следует в скважины, пробуренные по юго-западному, северо-восточному, восточному и юго-восточному румбу. Объем внесения мелиорантов за один прием с учетом возможности внедрения в водоносный горизонт (плывун не позволяет бурить глубже) составляет 10 кг извести. Одновременно в 15 пробуренных скважин может быть внесено до 0,15 т мелиоранта. Примерная площадь загрязнения водоносного горизонта с учетом зондировочного бурения, проводившегося в 2002 г., составляет не менее 25 га при мощности от 1,5 до 4 м. Исходя из норм известкования водоемов, при средних показателях рН верховодки расход извести составит 1,5 т. Интервал внесения мелиоранта будет оцениваться по мере его растворения. Критерии эффективности – снижение кислотности, а также содержание подвижных форм мышьяка и фосфора, которые будут контролироваться в наблюдательных скважинах.

После завершения работ по экологической реабилитации загрязненных территорий и акваторий возникает проблема мониторинга природных сред и биоты в местах проведения работ. Кроме того, оказывается необходимым запрещение в этих условиях хозяйственной деятельности. Единственным решением этой проблемы, опирающимся на имеющиеся нормативные документы, является включение рекультивированных земель и оз. Моховое в состав ФБУ «Государственный природный заповедник Приволжская лесостепь» с изменением его статуса на Государственный биосферный заповедник. Такой статус предполагает в составе особо охраняемой территории антропогенно нарушенные ландшафты и мониторинг восстановления в них нарушенных в прошлом экологических систем.

#### **Список литературы**

1. Иванов А.И. *Обследование и экологическая реабилитация мест прежнего уничтожения химического оружия на территории Пензенской области* / А.И. Иванов, В. М. Панкратов. – Пенза, 2006. – 75 с.
2. Комов В.Т. *Структура и функционирование экосистем кислотных озер* / В.Т. Комов, В. И. Лазарева. – Санкт-Петербург: Наука, 1994. – 250 с.
3. Стойко Т.Г. и др. *Фауна гидробионтов озера Моховое // Экологические проблемы последствий холодной войны и пути их преодоления.* – Пенза, 2004. – С. 75-79.
4. Франке З. *Химия отравляющих веществ. Пер. с нем.* – М: Химия, 1973. – 440 с.

УДК 631.82: 631.821

**ЭКОЛОГО-АГРОХИМИЧЕСКИЕ И ПРИРОДООХРАННЫЕ АСПЕКТЫ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИМИЧЕСКОЙ МЕЛИОРАЦИИ ПОЧВ**

- © *И.А.Шильников, ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)*  
© *Н.А.Кирпичников, ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)*  
© *Н.И. Аканова, ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)*  
© *Н.А. Зеленов, МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва, Россия)*  
© *Н.Ф. Лунина, Санкт-Петербургский ГАУ (г. Санкт-Петербург, Пушкин, Россия)*  
© *С.Ю. Ефремова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

**THE ECOLOGICAL- AGROCHEMICAL AND NATURE-CONSERVATION  
ASPECTS OF THE EFFECTIVENESS OF CHEMICAL IMPROVEMENT  
OF THE SOILS**

- © *I.A. Shilnikov, SSI All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)*  
© *N.A. Kirpichnikov, SSI All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)*  
© *N.I. Akanova, SSI All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)*  
© *N.A. Zelenov, MGU im. M.V. Lomonosov (Moscow, Russia)*  
© *N.F. Lunina, St. Petersburg GAU (S-Pb- Pushkin, Russia)*  
© *S.Y. Efremova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье показана высокая агроэкологическая эффективность химической мелиорации в создании устойчивого земледелия и решении проблемы продовольственной независимости России. Предложены эффективные приемы химической мелиорации как фактора оптимизации реакции среды и фосфорного состояния почвы. Сочетание известкования с фосфоритованием позволяет создать в производственных условиях условия для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** известкование почв, фосфоритная мука, урожай, пшеница, просо, клевер, подвижность фосфатов.

In the article the high agro-ecological effectiveness of chemical improvement in the creation of steady agriculture and the solution of the problem of the food independence of Russia is shown. The effective methods of chemical improvement as the factor of the optimization of the reaction of medium and phosphoric state of soil are proposed. The combination of liming with the phosphorization makes it possible to create under the production conditions it contributes to the optimization of conditions for obtaining the high and steady harvests of agricultural crops.

**Key words:** the liming of soils, tricalcic phosphate, harvest, wheat, millet, clover, the mobility of phosphates.

Оптимальные реакция среды в почве, содержание поглощенных оснований – главным образом кальция и магния, а также подвижных соединений фосфора являются фундаментом, на котором с максимальной эффективностью проявляются все технологические приемы возделывания сельскохозяйственных культурных растений и улучшается качество их продукции. Однако в последние 20 лет в земледелии сложился отрицательный баланс кальция, магния и фосфора, что приводит не только к снижению продуктивности земледелия, но и к неустойчивости урожайности растений при неблагоприятных климатических условиях. В стране пройдены все пределы продовольственной безопасности: из-за рубежа завозится около 60% продовольствия сомнительного качества, на закупку которого затрачивается более 40 млрд. долларов. Производство зерна

на душу населения, по сравнению с СССР, упало в 1,5 раза, и по этому показателю Россия приблизилась к среднему уровню 1910-1913 годов.

Актуальность химической мелиорации почв обусловлена самыми обширными в мире площадями пахотных почв с избыточной кислотностью, а всего сельскохозяйственных угодий – более 54 млн.га. 60% почв России нуждаются в улучшении фосфатного и магниевых режимов.

Ресурсы известковых удобрений позволяют решать проблемы оптимизации реакции среды и содержания подвижных соединений магния в почве, и расположены они в потенциальных районах применения сравнительно равномерно [3]. Среди источников пополнения запасов фосфора в почве в качестве фосфорных удобрений в ближайшей и даже отдаленной перспективе можно рассматривать главным образом фосфориты, так как в Российской Федерации запасы апатитов практически исчерпаны, а новых залежей не найдено [1]. Насколько обоснована вероятность положительной роли фосфоритов в улучшении фосфатного состояния почв в земледелии страны и какие факторы способны этому сопутствовать, мы предлагаем проиллюстрировать результатами экспериментальных данных многолетних исследований во ВНИИА и других научных учреждениях страны.

Самый длительный полевой опыт, в котором исследовалась эффективность фосфоритной муки и ее сочетания с периодическим известкованием, проведен и продолжается на Центральной опытной станции ВНИИ агрохимии в Московской области. Полевой опыт заложен в 1966г. В.Ф. Скворцовым и И.А. Шильниковым, в его проведении участвовали И.А. Шильников, В.Г. Игнатов, а в последние 20 лет – Н.А. Кирпичников. Почва опытного участка слабокультуренная дерново-подзолистая тяжелосуглинистая. Ее агрохимическая характеристика: рН=4,0; гидролитическая кислотность – 5,0; сумма поглощенных оснований – 7,5 экв на 100г почвы; содержание подвижных  $P_2O_5$  и  $K_2O$  соответственно – 5,0 и 12-15 мг на 100г. Содержание гумуса – около 1,8%.

Севооборот 5-польный: озимая пшеница, картофель, ячмень + клевер, клевер 2-х лет пользования; начиная с 6-ой ротации 4-польный: клевер 2-х лет пользования, озимая пшеница, ячмень. Дозы удобрений: под озимую пшеницу –  $N_{120}P_{90}K_{120}$ , под картофель –  $N_{120}P_{90}K_{120}$ , под ячмень –  $N_{60}P_{60}K_{90}$ . Полная по гидролитической кислотности доза магниезальной известняковой муки составила 7,5 т/га. При периодическом известковании уровень реакции среды в почве находился в слабокислом интервале.

В 1-ой ротации севооборота эффективность фосфоритной муки и суперфосфата на кислой почве была примерно одинаковой, на фоне полной дозы известки – в 2 раза уступала суперфосфату. Во 2-ой ротации севооборота прибавки урожая от фосфоритной муки и суперфосфата как на кислой, так и произвесткованной почве были близкими (табл. 1).

Таблица 1 – Эффективность фосфоритной муки и суперфосфата на произвесткованной почве в 1-ой и 2-ой ротациях севооборота

Варианты опыта	Ротации полевого севооборота			
	первая		вторая	
	Среднегодовые прибавки урожая от фосфорных удобрений			
	ц/га з.е.	относительные числа	ц/га з.е.	относительные числа
NK+Pф	4,1	103	8,9	100
NK+Pс	4,0	100	8,9	100
NK+Pф+ CaCO <sub>3</sub>	1,3	49	6,8	108
NK+Pс+ CaCO <sub>3</sub>	2,7	100	6,3	100

Слабое действие в условиях известкования фосфоритной муки на урожай растений в 1-ой ротации севооборота объясняется наличием в почве свободных карбонатов кальция. Наши исследования с использованием методики Голубевой А.П. и Пековой З.Н. [9] показали, что через 4-6 лет CaCO<sub>3</sub> почти полностью взаимодействует с почвой. Количество свободных карбонатов кальция резко снижается, и они уже не препятствуют лучшему действию фосфоритной муки. Поэтому в последствии существенной

разницы между фосфоритной мукой и суперфосфатом на произвесткованной почве не наблюдалось.

В таблице 2 приведены данные об эффективности фосфоритной муки за последующие 8 ротаций полевого севооборота. Они свидетельствуют о том, что среднегодовая прибавка урожая от сочетания периодического известкования и систематического внесения фосфоритной муки составила 15,4, а суперфосфата – 16,2 ц/га зерн. единиц. Разница была несущественной – всего лишь 5%.

Окупаемость тонны CaCO<sub>3</sub> при периодическом известковании, когда величина рН повысилась на 1,5-1,7 и поддерживалась в слабокислом интервале, на фоне азотно-калийных удобрений составила 1,58 тонн зерновых единиц, а на фоне фосфорных удобрений находилась в пределах 1 тонны.

Таблица 2 – Эффективность фосфоритной муки и суперфосфата в условиях периодического известкования за 8 ротаций полевого севооборота

Варианты опыта	Внесено P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> за 27 лет, кг/га	Всего за 27 лет, ц/га з.е.		Окупаемость урожая, з.е.		Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Кирсанову в конце 9-ой ротации, мг/100г почвы
		урожай	прибавка	1 кг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1 т CaCO <sub>3</sub> , т	
Контроль	0	787,3	-	-	-	3,1
NK	0	973,1	-	-	-	3,0
NK+Pф	1570	1239,0	265,9	17,0	-	7,8
NK+Pс	1570	1272,6	299,5	19,1	-	7,2
NK+ CaCO <sub>3</sub>	-	1210,5	237,4	-	1,58	3,1
NK+ CaCO <sub>3</sub> +Pф	1570	1389,7	416,6	11,4	1,00	7,7
NK+ CaCO <sub>3</sub> +Pс	1570	1416,9	443,8	13,1	0,96	7,9

Окупаемость 1 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> фосфорных удобрений при систематическом их внесении на кислой почве составила по фосфоритной муке 17,0 кг з.е., а по суперфосфату – 19,1 кг з.е. На фоне применения двойной по гидролитической кислотности дозы извести окупаемость 1 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> по суперфосфату составила 13,1, а по фосфоритной муке – 11,4. Эти данные значительно выше имеющихся нормативов по эффективности отдельных видов минеральных удобрений, представленных в монографии П.Д. Музыкантова и Н.К. Панковой [6].

Средняя ежегодная прибавка урожая от последствия периодического известкования в динамике возрастала с 5,4 ц/га зерновых единиц в 3-ей – 5-ой ротациях севооборота до 12,2 ц/га в 3-х последних ротациях, то есть более чем удваивалась (табл.3). Эффективность сочетания известкования с фосфоритованием за эти периоды также увеличивалась почти в 2 раза (с 9,8 до 17,8 ц/га з.е.).

Таблица 3 – Динамика эффективности последствия известкования и его сочетания с применением фосфоритной муки

Варианты опыта	Ротации севооборота						
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Урожай, ц/га з.е.							
NK	28,9	46,9	35,3	20,7	27,7	27,0	29,0
Прибавки урожая							
NK+ CaCO <sub>3</sub>	3,9	7,0	5,3	9,5	13,2	11,0	12,4
NK+ CaCO <sub>3</sub> +Pф	6,9	12,5	10,1	13,5	12,5	20,3	20,6

Преобладающее в настоящее время на практике применение только азотных удобрений в последующем приведет к прогрессирующему снижению их эффективности вследствие ухудшения фосфатного и известкового состояния почв. Так, средняя ежегодная прибавка урожая от азотно-калийных удобрений в 3-ей-5-ой ротациях севооборота составила 7,5 ц/га зерновых единиц, а в 7-ой – 9-ой – только 4,3 ц/га, то есть снизилась на 43%.

Аналогичное явление было отмечено в земледелии Англии еще в середине 19-го столетия, когда землевладельцы отказались от применения извести, которую они вносили с конца 16-го столетия [17]. Как показывают результаты нашего полевого опыта, такова перспектива и в отечественном земледелии.

Анализы почвы, приведенные в таблице 2, свидетельствуют о том, что без применения фосфорных удобрений содержание подвижной формы  $P_2O_5$  по методу Кирсанова стало ниже исходного уровня до закладки опыта и находится в интервале, соответствующем низкой группе. Содержание подвижного фосфора в условиях применения фосфорных удобрений было в 2,5 раза выше независимо от формы фосфатов и известкования. И их действие не исчерпалось полностью до настоящего времени.

Многолетние результаты полевого опыта свидетельствуют о равноценной эффективности фосфоритной муки и суперфосфата как на кислой почве, так и в условиях периодического известкования. Этот прием может осуществляться в зоне площадью 60-65 млн.га. Если учесть, что стоимость единицы  $P_2O_5$  в фосфоритной муке в 3-3,5 раза ниже, чем в суперфосфате, то перспектива применения молотых фосфоритов довольно благоприятная.

Все же в первые годы после внесения в почву фосфоритной муки и извести может иметь место, как и в приведенном выше полевом опыте, снижение эффективности фосфоритной муки. Это явление проф. Х.К. Асаров связывает с наличием в почве свободных карбонатов кальция [8]. Для того чтобы избежать этого отрицательного явления имеется ряд приемов. В таблице 4, приведены результаты вегетационного опыта, в котором фосфоритную муку из пород различных месторождений и с разной тониной помола вносили в почву послойно или смешивали со всем слоем в сосуде равномерно. Решающим для фосфорита был способ сочетания с известью: при совместном внесении положительного влияния фосфорита на урожай не было. Суперфосфат же при совместном внесении с известью дал достоверную прибавку урожая клевера. Таким образом, заделывание фосфорита и  $CaCO_3$  в различные слои почвы позволяет избежать подавления последним эффективности фосфоритной муки.

Таблица 4 – Влияние способа внесения извести на эффективность фосфоритной муки различных месторождений и помола (клевер)

Варианты опыта	Урожай	Прибавка
	воздушно-сухая масса, г/сосуд	
НК	3,6	-
НК+ $CaCO_3$	2,8	-0,8
НК+ Рф Маарду	13,9	10,8
НК+ Рф Маарду + $CaCO_3$ совместно	3,0	-0,6
НК+ Рф Маарду + $CaCO_3$ послойно	17,2	13,6
НК+ Рф Вятско-Камский	15,9	12,3
НК+ Рф Вятско-Камский + $CaCO_3$ совместно	3,2	-0,4
НК+ Рф Вятско-Камский + $CaCO_3$ послойно	22,1	18,5
НК+ Рф Егорьевский тонкого помола	21,1	17,5
НК+ Рф Егорьевский тонкого помола + $CaCO_3$ совместно	3,0	-0,6
НК+ Рф Егорьевский тонкого помола + $CaCO_3$ послойно	25,1	21,5
НК+ Рф Егорьевский грубого помола	16,1	12,5
НК+ Рф Егорьевский грубого помола + $CaCO_3$ совместно	2,8	-0,8
НК+ Рф Егорьевский грубого помола + $CaCO_3$ послойно	18,2	14,6
НК+ Рс	19,8	16,2
НК+ Рс + $CaCO_3$ совместно	22,2	18,6
НСР <sub>0,95</sub> г/сосуд		2,1

Влияние форм известковых удобрений на эффективность фосфоритной муки может сильно различаться. Приведенные в таблице 5 данные свидетельствуют о том, что такие силикатные формы известковых удобрений, как мартековский и доменный шлаки, не оказали отрицательного действия при совместном внесении с фосфоритной мукой. Такой эффект можно объяснить слабым влиянием на кислотность почвы этих труднорастворимых известковых материалов.

Мел, обработанный поверхностно активными гидрофобизирующими добавками, по влиянию на эффективность фосфоритной муки резко отличается от негидрофобизованного мела и известняковой муки.

Таблица 5 – Влияние сочетания фосфоритной муки с различными формами известковых удобрений на урожай зерна проса и агрохимические свойства почв

Варианты опыта	Урожай	Прибавка	рН	Нг	S обмен.	Са водо- раст	V, %	
	г/сосуд							
мэкв на 100г почвы								
НК	4,5	-	4,0	7,2	7,0	4,7	0,14	49,2
НК+ Рф	23,1	18,6	4,0	7,0	6,7	4,9	0,14	48,9
НК+ CaCO <sub>3</sub>	1,3	-3,2	5,3	3,5	10,4	8,1	1,02	74,8
НК+ CaCO <sub>3</sub> +Рф	3,1	-1,4	5,2	3,3	10,9	7,7	0,94	76,7
НК+сланцевая зола	2,9	-1,6	5,0	3,9	10,3	8,1	0,94	72,5
НК+сланцевая зола +Рф	6,3	1,8	5,0	3,3	11,0	7,7	0,88	79,7
НК+мартековский шлак	14,3	9,8	4,8	4,2	10,8	6,9	0,34	72,0
НК+мартековск.шлак +Рф	21,7	17,2	4,8	4,2	10,6	6,8	0,21	71,6
НК+доломитовая мука	1,9	-2,6	5,0	3,8	10,2	6,0	0,36	73,4
НК+доломит. мука + Рф	8,4	3,9	5,2	3,8	10,5	5,7	0,21	73,7
НК+доменный шлак	6,7	2,2	4,9	4,1	10,3	7,4	0,36	71,5
НК+доменный шлак +Рф	21,8	17,3	4,9	4,1	10,7	7,4	0,38	72,2
НК+мел гидрофобиз.	1,4	-3,1	5,3	5,3	10,9	8,3	0,56	78,9
НК+мел гидрофобиз.+Рф	11,5	7,0	5,3	5,3	11,7	8,9	0,97	80,6
НК+мел негидрофобиз.	0,6	-3,9	5,3	5,3	10,5	9,10	0,53	76,0
НК+мел негидрофоб.+Рф	1,7	-2,8	5,3	5,3	10,8	8,7	0,49	78,8
НК+торф+ CaCO <sub>3</sub>	11,3	6,8	5,2	5,2	11,0	8,2	0,80	75,8
НК+торф+ CaCO <sub>3</sub> +Рф	19,0	14,5	5,2	5,2	11,0	8,1	0,41	75,8
НК+CaSO <sub>4</sub> •2H <sub>2</sub> O	3,3	-1,2	4,0	4,0	8,3	8,6	1,86	53,8
НК+CaSO <sub>4</sub> •2H <sub>2</sub> O +Рф	25,7	21,2	4,0	4,0	8,4	8,4	3,82	54,1
НСР <sub>05</sub> , г/сосуд		1,7						

Широко известен прием повышения эффективности фосфоритной муки, состоящий в добавлении ее в количестве 15-20кг на 1 тонну навоза [11]. Данные таблицы 5 свидетельствуют о том, что даже небольшая прослойка кислого торфа в смеси с фосфоритной мукой в соотношении 4:1 устраняла отрицательное действие CaCO<sub>3</sub>.

Исследования Татарского НИИ агрохимии и почвоведения показали, что 3-хмесячное компостирование фосфорита Сюндюковского месторождения с лигнином, имеющим кислую реакцию, позволило повысить эффективность фосфоритной муки и содержание подвижных фосфатов в почве (табл.6). Соотношение на сухое вещество гидролизного лигнина и фосмуки в составе органоминерального удобрения 3:1 [2].

Таблица 6 – Влияние органоминерального удобрения (ОМУ) на основе гидролизного лигнина на урожай яровой пшеницы и подвижность фосфатов в почве

Варианты опыта	Урожай	Прибавка к фону НК	Подвижный фосфор, мг/кг	Степень подвижности фосфатов,мг/л
	ц/га			
1.Без удобрений	19,7	-	111	0,077
2. НК	23,7	-	138	0,110
3. НК+Рф 1т/га	26,2	2,5	119	0,130
4. НК+Рф 2т/га	28,1	4,4	128	0,153
5. НК+Рф 3т/га	29,6	5,9	178	0,231
6. НК+ОМУ 8т/га	27,9	4,2	142	0,170
7. НК+ОМУ 16т/га	29,8	6,1	163	0,228

8. NK+ОМУ 24т/га	31,4	7,7	175	0,280
9. NK+Pc90	26,0	2,3	139	0,240

Следовательно, даже небольшого количества материала с кислой реакцией среды может быть достаточно для успешного применения в виде смеси с фосфоритом на производственных почвах. В этом отношении перспективным является добавление молотого фосфорита в фосфогипс, имеющий очень кислую реакцию среды (рН=2,6-2,4). При этом может происходить процесс обогащения этого отхода фосфором с одновременной нейтрализацией среды в мелиоранте [15].

Наряду с экспериментальными данными имеется положительный производственный опыт успешного сочетания известкования с одновременным фосфоритованием. Так, включение фосфоритования с известкованием в систему комплексного агрохимического окультуривания полей (КАХОП) повысило продуктивность зерновых во Владимирской области и Суздальском районе соответственно на 8,6-11,4 и 10,2-13,4 ц/га. Положительное действие приема на урожайность растений и агрохимические свойства почв проявились в последствии и через 11 лет [12].

Настоящее время характеризуется возрастающим расширением экологического кризиса, который проявляется в антропогенной деградации биосферы и снижении ее устойчивости. Наиболее опасными загрязняющими веществами являются тяжелые металлы и радионуклиды. В снижении их токсичности важнейшим мероприятием является химическая мелиорация почв [14, 18].

Белоус Н.М. и Шаповалов В.Ф., обобщая результаты полевых опытов, отмечают, что научные учреждения России разработали комплекс приемов, позволяющих снижать накопление <sup>137</sup>Cs в продукции растениеводства до 10 раз [4]. Среди этих приемов большая роль принадлежит известкованию и применению фосфорных удобрений.

Аналогичные результаты получены в Центре химизации и сельскохозяйственной радиологии "Брянский" [16].

Ведущая роль известкования высокими дозами с доведением реакции среды до уровня рН=6,2-6,5 в детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами, доказана большим количеством экспериментальных данных [14,18].

Резюмируя изложенные выше экспериментальные данные самого многолетнего в нашей стране, а возможно и в мире, длительного полевого опыта и сопутствующих ему материалов по агроэкологической оценке сочетания известкования с фосфоритованием, следует подчеркнуть, что химическая мелиорация – это обязательный и незаменимый прием в создании устойчивого земледелия и решении проблемы продовольственной независимости России. Исследования агрономической эффективности фосфоритования, родоначальником которых полтора века назад в России был профессор А.Н. Энгельгардт, были продолжены плеядой многих отечественных ученых, разработавших эффективные приемы химической мелиорации как фактора оптимизации реакции среды и фосфорного состояния почвы. Внедрение научно обоснованных рекомендаций по эффективному сочетанию известкования с фосфоритованием в природно-экономических условиях Российской Федерации позволяет создать в производственных условиях отечественного земледелия прочный фундамент для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

#### **Список литературы**

1. *Войтович Н.В., Сушеница Б.А., Капранов В.Н. Фосфориты России и ближнего Зарубежья. – М., 2005. – 445 с.*
2. *Ишкаев Т.Х., Алиев Ш.А., Егорова Р.Р., Хасанов Р.А. К вопросу о повышении эффективности использования бедных фосфатных руд // Труды ТатНИИ агрохимии и почвоведения, плодородие почв, удобрение, урожай – Казань, 2001. – С. 91-98.*
3. *Алямовский Н.И. Известковые удобрения СССР. – М., 1966. – 278 с.*
4. *Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф. Продуктивность пашни и реабилитация песчаных почв. – Брянск, 2006, 429 с.*



5. Кирпичников Н.А., Шильников И.А. Эффективность фосфоритной муки при периодическом известковании дерново-подзолистой почвы // В кн.: "Результаты длительных исследований в системе географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации" – М., 2011. – С. 34-46.
6. Музыкантов П.Д., Панкова Н.А. Эффективность отдельных видов минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры для почв Российской Федерации (нормативы). – М., 2003. – 385 с.
7. Паршев А.П. Почему Россия не Америка. – М., 2001. – 409 с.
8. Асаров Х.К. Применение извести и фосфорных удобрений при выращивании бобовых // Доклады ТСХА. Вып. 103. – М., 1965. – С. 185-190.
9. Голубева А.П., Пекова З.Н. Об определении величины рН в солевой вытяжке в известкованных почвах // Бюллетень ВИУА–М., 1995. – №11. – С. 75-82.
10. Шильников И.А., Сычёв В.Г., Аканова Н.И., Федотова Л.С. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия: Монография. 2008. – 331 с.
11. Артюшин А.М., Державин Л.М. Краткий справочник по удобрениям. – М., 1971. – 287 с.
12. Барينوва К.Е. Влияние длительного последствия окультуренных почв в Нечерноземной зоне на их плодородие, урожайность сельскохозяйственных культур и его природоохранная оценка: Автореф. дисс.канд. наук. – М., 2000. – 26 с.
13. Алиев Ш.А., Дышко В.Н., Сушеница Б.А. Использование фосфоритов и природных сорбентов для повышения продуктивности земледелия. – М., 2004, 247 с.
14. Овчаренко М.М., Шильников И.А., Поляков Д.К., Графская Г.А. Влияние известкования и кислотности почвы на накопление в растениях тяжелых металлов // Агрохимия. – М., 1997. – №1. – С. 74-84.
15. Зинковская Т.С. Влияние совместного применения фосфоритной муки и фосфогипса на кислых почвах // В кн.: "Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства." – Краснодар, 2010. – С. 161-163.
16. Прудников П.В. Использование агрономических руд и новых комплексных минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных почвах. – Брянск, 2012. – 295 с.
17. Гарднер Г., Гарнер Г. Известкование почв в Англии. – М., 1954. – 226 с.
18. Шаркова С.Ю. Экологическое состояние природных и техногенных экосистем Среднего Поволжья и их реабилитация. Автореф. дис. ... докт. биол. наук / М.: ВНИИА, 2010. – 45 с.

УДК 631.821.2

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НЕЙТРАЛИЗОВАННОГО  
ФОСФОГИПСА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ  
В УСЛОВИЯХ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

- © *Е.П. Добрыднев, «ЕвроХим –Белореченские удобрения» (г. Краснодар, Россия)*  
© *А.Х. Шеуджен, ГНУ ВНИИ риса (г. Краснодар, Россия)*  
© *М.Ю. Локтионов, ОАО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим»*  
*(г. Краснодар, Россия)*  
© *Н.И. Аканова, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова*  
*(г. Москва, Россия)*  
© *А.Н. Лиманский, ООО «Агроцентр Еврохим-Краснодар» (г. Краснодар, Россия)*  
© *Л.М. Онищенко, Кубанский государственный аграрный университет*  
*(г. Краснодар, Россия)*  
© *Ю.Н. Ашинов, Майкопский государственный технологический университет*  
*(г. Майкоп, Россия)*

**AGRO-ECOLOGICAL EFFECTIVENESS OF THE NEUTRALIZED  
PHOSPHOGYPSUM WITH THE CULTIVATION OF WINTER WHEAT UNDER  
THE CONDITIONS OF THE KRASNODAR EDGE**

- © *E.P. Dobrydnev, «Eurochem - Belorečenské fertilizers» (Krasnodar, Russia)*  
© *A.Kh. Sheudzhen, SSI All-Russian Rice Research Institute (Krasnodar, Russia)*  
© *M.U. Loktionov, Public Corporation .Mineral-Chemical Company .Evrohim.*  
*(Krasnodar, Russia)*  
© *N.I. Akanova, SSI All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after*  
*D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)*  
© *M.U. Limanskiy A.N., LLC «Agrocentr-Eurochem Krasnodar» (Krasnodar, Russia)*  
© *L.M. Onishchenko, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)*  
© *Yu.N. Ashinov, Maykop State Technological University (Maykop, Russia)*

Рассмотрены агроэкологические аспекты применения побочного продукта производства фосфорной кислоты – фосфогипса, нейтрализованного в качестве комплексного минерального удобрения на посевах озимой пшеницы. Выявлена эффективность фосфогипса в улучшении обеспеченности растений доступными формами азота, фосфора и калия. Оптимальной нормой фосфогипса нейтрализованного, способствующей созданию лучших условий минерального питания, следует признать 4 т/га.

**Ключевые слова:** фосфогипс, соя, кукуруза, плодородие почв, урожай, формы азота.

Are examined the agro-ecological aspects of the application of a by-product of the production of phosphoric acid - phosphogypsum of that neutralized as the complex mineral fertilizer on sowings of winter wheat. Is revealed the effectiveness of phosphogypsum in an improvement in the security of plants with the accessible forms of nitrogen, phosphorus and potassium. By the optimum standard of phosphogypsum neutralized, which facilitates the creation of the best conditions of mineral nourishment should be recognized 4 t/ha.

**Key words:** phosphogypsum, soya, corn, fertility, harvest, the form of nitrogen, the fertility of the soil

E-mail: Anatoly.Limansky@eurochem.ru

Целенаправленное регулирование уровня плодородия почв путем поддержания положительного баланса элементов питания в системе «почва-удобрение-растение», реализация потенциальной продуктивности интенсивных сортов озимой пшеницы и получение высококачественного зерна невозможны без систематического применения минеральных удобрений [1,2,3].

Цель работы состояла в агроэкологической оценке последствий нейтрализованного фосфогипса при возделывании озимой пшеницы. Объектом исследования была озимая пшеница сорта Таня, районированного с 2008 г.

Полевые опыты проводились на черноземе выщелоченном, слабогумусном сверхмощном легкоглинистом на лессовидных тяжелых суглинках (таб.1). Сумма поглощенных оснований почвы 36,04-44,33 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности почвы основаниями 94,3-98,2%, содержание гумуса 2,81%, реакция среды 6,4–8,1, ёмкость катионного обмена 44,33 мг-экв/100 г почвы.

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика чернозёма выщелоченного

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	Поглощенные катионы			ЕКО	V, %	рН	
			Ca	Mg	Hг			H <sub>2</sub> O	KCl
			мг-экв / 100г почвы						
Ап	0-26	2,81	30,60	11,21	2,52	44,33	94,3	6,4	5,3
А	26-58	2,39	31,51	10,91	1,82	44,24	95,9	6,4	5,3
АВ <sub>1</sub>	58-104	1,74	32,12	10,00	1,15	43,27	97,3	6,6	5,5
АВ <sub>2</sub>	104-148	1,46	34,24	7,27	0,76	42,27	98,2	6,9	5,7
В	148-190	1,14	33,03	8,48	-	41,94	100	7,7	5,8
С	190-200	0,64	27,27	8,48	-	36,04	100	8,1	6,2

Содержание элементов питания в почве представлено в таблице 2. Обеспеченность почвы подвижным фосфором и обменным калием в пахотном слое колеблется от средней до очень высокой.

Таблица 2 – Содержание элементов питания в черноземе выщелоченном

Горизонт	Глубина, см	Содержание элементов питания, мг/кг							
		NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cu	Zn	Mn	Co
Ап	0-26	3,6	19,2	15,5	240	0,12	0,38	45,2	0,14
А	26-58	2,0	9,4	5,0	220	0,10	0,10	27,2	0,09
АВ <sub>1</sub>	58-104	2,8	13,1	5,0	210	0,12	0,08	19,3	0,08
АВ <sub>2</sub>	104-148	2,8	11,3	3,5	200	0,13	0,09	13,3	0,08
В	148-190	19,5	10,3	3,5	186	0,19	0,19	11,0	0,07
С	190-200	47,5	9,4	5,0	164	0,71	0,39	8,7	0,08

Таким образом, почва опытного участка обладает благоприятными свойствами. Однако необходимо отметить, что они достаточно интенсивно деградируют, содержание органического вещества снижается, наблюдается устойчивое, хотя и незначительное их подкисление.

В полевом опыте нейтрализованный фосфгипс вносили под основную обработку почвы согласно схеме опыта под предшествующие культуры в дозах 2; 4 и 6 т/га. Повторность опыта трехкратная. Размещение – систематическое. Общая площадь делянки в опыте № 1 – 84 м<sup>2</sup> (20 × 4,2), учетная – 40 м<sup>2</sup> (20 × 2,0); в опыте № 2 – 126 м<sup>2</sup> (30 × 4,2), учетная 60 м<sup>2</sup> (30 × 2,0). Удобрения применяли в форме: аммонийной селитры (34% N), аммофоса (52% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и 12 % N), хлористого калия (60% K<sub>2</sub>O). Агротехника возделывания озимой пшеницы общепринятая для зоны достаточного, но неустойчивого увлажнения. После уборки кукурузы и сои проводили лущение стерни дисковыми культиваторами на глубину 5-7 см. В опыте применялся гербицид Секатор, ВДГ при норме расхода 150 г/га. Схема опытов представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Схема опытов

Схема опыта № 1		Схема опыта № 2	
предшественник – Соя		предшественник – Кукуруза	
1. Контроль		1. Контроль	
2. N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>		2. N <sub>40</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	
3. N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>		3. N <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	
4. N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + фосфогипс 2 т/га		4. N <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + фосфогипс 2 т/га	
5. N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + фосфогипс 4 т/га		5. N <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + фосфогипс 4 т/га	
6. N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + фосфогипс 6 т/га		6. N <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + фосфогипс 6 т/га	

Минимальное количество нитратного азота в почве содержалось в начале вегетации озимой пшеницы – в фазе кущения растений. В дальнейшем наблюдается увеличение максимума к фазе выхода растений в трубку. К уборке урожая просматривается четко выраженная тенденция уменьшения содержания в почве нитратного азота (табл. 4).

Таблица 4 – Динамика содержания минерального азота в черноземе выщелоченном на посевах озимой пшеницы, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации					
	кущение		выход в трубку		полная спелость	
	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>
предшественник – соя						
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0,4	20,0	1,29	18,8	1,18	16,4
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	0,7	36,4	1,50	21,0	1,20	16,5
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	0,8	37,1	1,34	21,0	1,19	17,0
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> +ФГ 2 т/га	0,6	36,8	1,37	21,1	1,21	16,8
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> +ФГ 4 т/га	0,9	37,5	1,45	21,3	1,22	16,9
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> +ФГ 6 т/га	0,7	37,8	1,45	21,0	1,21	16,7
предшественник – кукуруза						
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0,2	20,5	1,05	15,1	1,04	11,2
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	0,4	19,8	1,03	20,0	1,06	12,3
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	0,4	19,2	1,03	19,8	1,06	12,5
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 2 т/га	0,5	19,3	1,03	20,5	1,05	11,8
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 4 т/га	0,5	19,4	1,03	20,5	1,06	12,2
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 6 т/га	0,4	19,2	1,02	20,7	1,06	12,2

Удобрения оказали положительное влияние на содержание нитратного азота в почве во все фазы вегетации растений озимой пшеницы. Так, на фоне N<sub>20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> содержание его в почве в фазы кущения, трубкования и созревания превышало контроль соответственно на 0,40, 0,05 и 0,01 мг/кг. Аналогичным действием обладал и фосфогипс, внесенный в дозах 4 и 6 т/га. Анализ динамики содержания нитратного азота в почве показал, что различия носили количественный характер, его содержание в почве было больше по предшественнику соя на всех вариантах опыта и во все фазы вегетации озимой пшеницы.

Несколько иной характер имело содержание в почве аммонийного азота. Максимальное его количество содержалось в почве к фазе кущения растений пшеницы, в дальнейшем наблюдается тенденция его уменьшения, которая достигает своего минимума к фазе созревания. Минеральные удобрения, а также фосфогипс, оказали положительное влияние на содержание азота обменного аммония во все фазы вегетации растений. Причем их действие на содержание его в почве было практически равноценным.

Характерной особенностью динамики подвижного фосфора является постепенное нарастание его содержания в почве до фазы трубкования растений озимой пшеницы и уменьшения к созреванию, причем эта тенденция отмечалась на всех вариантах опыта (табл.5).

Таблица 5 – Динамика содержания элементов питания в черноземе выщелоченном на посевах озимой пшеницы

Вариант опыта	Содержание элементов питания, мг/кг					
	Фаза вегетации					
	кущение		выход в трубку		полная спелость	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
предшественник – соя						
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	85,6	229	105,0	190	74,0	170
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	84,5	268	138,8	220	73,1	188
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	88,8	256	152,5	206	77,8	185
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 2 т/га	86,2	269	156,3	220	75,3	191
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 4 т/га	88,9	271	160,0	228	78,0	194
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 6 т/га	89,5	275	161,0	236	78,5	198
предшественник – кукуруза						
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	84,2	186	85,0	170	64,8	158

N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	82,6	212	83,3	186	62,6	165
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	86,3	200	111,5	180	66,8	163
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 2 т/га	86,4	220	101,0	185	65,3	165
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 4 т/га	86,5	225	112,3	189	67,1	168
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 6 т/га	87,1	230	115,0	192	67,5	170

Фосфорные удобрения оказали положительное влияние на накопление подвижного фосфора в почве. Аналогичным действием обладал фосфогипс, по влиянию на фосфорный режим почвы, варианты N<sub>20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>20</sub>K<sub>20</sub>+ФГ 4 т/га и N<sub>20</sub>K<sub>20</sub> + ФГ 6 т/га были равноценными. Последствие фосфогипса было равнозначным действию внесенного фосфорного удобрения в дозе P<sub>40</sub>.

В течение вегетации пшеницы независимо от предшественника изменение содержания обменного калия в почве характеризовалось устойчивым снижением, достигая минимальных величин к фазе полной спелости зерна (табл. 5). Применение минеральных удобрений способствовало существенному увеличению количества калия в почве по отношению к соответствующему фону. На вариантах, где вносился фосфогипс, содержание обменного калия превосходило не только контроль, но и где применялись калийные удобрения непосредственно под озимую пшеницу.

Влияние изучаемых систем удобрения на развитие растений оценивали по накоплению ими сухого вещества (табл. 6).

Таблица 6 – Динамика накопления сухого вещества растениями озимой пшеницы, г/растение

Вариант	Фаза отбора образцов			
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение	полная спелость
предшественник – кукуруза				
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0,34	0,50	2,58	2,96
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	0,36	0,53	3,00	3,20
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	0,37	0,54	3,25	3,36
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 2 т/га	0,40	0,59	3,36	3,48
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 4 т/га	0,42	0,62	3,87	4,00
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 6 т/га	0,40	0,55	3,98	4,20
предшественник – соя				
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0,38	0,58	2,98	3,16
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	0,40	0,61	3,12	3,52
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	0,44	0,68	4,09	4,38
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 2 т/га	0,42	0,63	3,34	3,70
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 4 т/га	0,44	0,67	4,10	4,35
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 6 т/га	0,45	0,68	4,09	4,40

В зависимости от предшественника сухая масса одного растения в фазы кущения, трубкования, колошения и полной спелости зерна составила соответственно 0,34-0,38; 0,50-0,58; 2,58-2,98 и 2,96-3,16 г, наибольшие величины получены по предшественнику соя. На вариантах, где вносили фосфогипс, растения не отзывались на дополнительное внесение фосфорных удобрений.

Содержание азота в растениях зависело от фазы вегетации, предшественника и вносимых удобрений (табл. 7). Наибольшее количество его отмечено в фазу кущения, минимальное – в вегетативной части растений в период созревания.

Таблица 7 – Динамика содержания азота в растениях озимой пшеницы, % сухой массы

Вариант	Фаза отбора образцов			
	весеннее кущение	колошение	полная спелость	
			зерно	солома
предшественник – соя				
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	3,37	1,21	2,02	0,58

N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	3,56	1,52	2,09	0,62
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	3,69	1,53	2,18	0,68
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 2 т/га	3,73	1,58	2,25	0,71
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 4 т/га	3,79	1,58	2,27	0,72
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 6 т/га	3,80	1,54	2,25	0,75
предшественник – кукуруза				
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	3,15	1,23	2,06	0,59
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	3,25	1,42	2,12	0,61
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	3,29	1,46	2,19	0,65
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 2 т/га	3,30	1,51	2,30	0,70
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 4 т/га	3,35	1,52	2,31	0,71
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 6 т/га	3,37	1,54	2,31	0,70

При выращивании озимой пшеницы после сои растения накапливали больше азота, чем после кукурузы. Действие удобрений не проявилось в сезонной динамике содержания азота, но способствовали более активному его накоплению в надземных органах растений во все фазы вегетации.

Содержание фосфора по мере роста и развития растений постепенно снижалось, достигнув минимальных значений в фазу созревания, соя была лучшим предшественником, нежели кукуруза (табл. 8).

Таблица 8 – Динамика содержания фосфора и калия в растениях озимой пшеницы, % сухой массы

Вариант	Фаза отбора образцов							
	кущение		колошение		полная спелость			
	P	K	P	K	зерно		солома	
P					K	P	K	
предшественник – соя								
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0,62	3,72	0,43	1,71	0,66	0,52	0,16	1,37
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	0,71	4,01	0,46	1,72	0,70	0,52	0,18	1,39
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	0,74	4,24	0,53	1,75	0,75	0,53	0,20	1,42
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 2 т/га	0,76	4,31	0,54	1,81	0,76	0,53	0,20	1,46
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 4 т/га	0,78	4,40	0,57	1,80	0,79	0,54	0,21	1,46
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 6 т/га	0,79	4,10	0,59	1,79	0,80	0,53	0,22	1,46
предшественник – кукуруза								
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0,52	3,65	0,40	1,62	0,53	0,50	0,15	1,36
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	0,62	3,95	0,45	1,68	0,58	0,51	0,15	1,38
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	0,64	3,98	0,47	1,71	0,59	0,52	0,20	1,40
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 2 т/га	0,65	3,98	0,47	1,72	0,61	0,53	0,21	1,41
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 4 т/га	0,65	4,01	0,48	1,73	0,60	0,54	0,22	1,42
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 6 т/га	0,66	4,06	0,49	1,73	0,62	0,54	0,24	1,43

Наибольшее содержание калия во все фазы вегетации определялось в растениях, выращенных на удобренных вариантах и где вносился фосфогипс.

Последствие фосфогипса и действие фосфорного удобрения, судя по содержанию основных элементов питания в растениях, были равнозначными и не зависели от предшественника. Таким образом, фосфогипс обладает значительным последствием, оказывает положительное влияние на накопление сухого вещества растениями в течение вегетационного периода озимой пшеницы и содержания в них элементов питания.

Результаты исследований, приведенные в таблице 9, показывают, что урожайность озимой пшеницы определялась как условиями минерального питания, так и предшественниками. Максимальная продуктивность получена при выращивании пшеницы после сои, разница в урожае на агрохимическом фоне в зависимости от предшественника составила 23,4 ц/га.

Таблица 9 – Последствие фосфогипса на урожайность озимой пшеницы

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка	
		ц/га	%
предшественник – соя			
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	56,9	–	–
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	64,9	8,0	14,1
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	59,8	2,9	5,1
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 2 т/га	61,0	4,1	7,2
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 4 т/га	64,8	7,9	13,9
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 6 т/га	65,0	8,1	14,2
НСР <sub>05</sub>	7,3		
предшественник – кукуруза			
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	33,5	–	–
N <sub>20</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>	42,9	9,4	28,1
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub>	40,5	7,0	20,9
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 2 т/га	41,2	7,7	22,9
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 4 т/га	42,8	9,3	27,8
N <sub>20</sub> K <sub>20</sub> + ФГ 6 т/га	42,7	9,2	27,5
НСР <sub>05</sub>	7,8		

Наибольший эффект от действия минеральных удобрений и последствия фосфогипса наблюдается при выращивании озимой пшеницы после кукурузы. По-видимому, это объясняется большим отчуждением с урожаем кукурузы элементов питания, чем с соей.

Прибавка урожая зерна озимой пшеницы при посеве после кукурузы на вариантах N<sub>20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>20</sub>K<sub>20</sub> + ФГ 4 т/га, N<sub>20</sub>K<sub>20</sub> + ФГ 6 т/га составила 9,4 ц/га (28,1 %), 9,3 ц/га (27,8 %) и 9,2 ц/га (27,5 %); после сои – 8,0 ц/га (14,1 %), 7,9 ц/га (13,9 %) и 8,1 ц/га (14,2 %) соответственно.

Таким образом, нейтрализованный фосфогипс обладает значительным последствием. На второй год после его внесения продолжается его существенное положительное действие на агрохимические показатели почвы, рост, развитие и продуктивность растений. Внесение фосфогипса из расчета 4-6 т/га позволяет значительно снизить или исключить фосфор из системы удобрения сельскохозяйственных культур без ущерба для формирования урожая.

Варианты N<sub>20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>20</sub>K<sub>20</sub> + ФГ 4-6 т/га были равнозначными по степени действия на азотный, фосфорный и калийный режим почвы. В зависимости от предшественника сухая масса одного растения в фазы кушения, трубкования, колошения и полной спелости зерна составила соответственно 0,34-0,38; 0,50-0,58; 2,58-2,98 и 2,96-3,16 г. Наибольшую сухую массу имели растения по предшественнику соя. На вариантах, где вносили фосфогипс, растения мало отзывались на дополнительное внесение фосфорных удобрений.

При выращивании озимой пшеницы после сои растения накапливали больше азота, чем после кукурузы. Удобрения не сказались на сезонной динамике содержания азота в растениях, но способствовали более активному его накоплению в надземных органах во все фазы вегетации. Последствие фосфогипса было равноценно действию фосфорного удобрения.

Урожайность озимой пшеницы определялась как условиями минерального питания, так и предшественниками. Максимальная продуктивность отмечалась при выращивании озимой пшеницы после сои. Разница в урожайности на естественном агрохимическом фоне в зависимости от предшественника составила 23,4 ц/га. Наибольшее действие минеральных удобрений и последствие фосфогипса наблюдается при выращивании озимой пшеницы после кукурузы.

Прибавка урожая зерна озимой пшеницы при посеве после кукурузы на вариантах N<sub>20</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub>, N<sub>20</sub>K<sub>20</sub> + ФГ 4 т/га, N<sub>20</sub>K<sub>20</sub> + ФГ 6 т/га составила 9,4 ц/га (28,1 %), 9,3 ц/га (27,8 %) и 9,2 ц/га (27,5 %); после сои – 8,0 ц/га (14,1 %), 7,9 ц/га (13,9 %) и 8,1 ц/га (14,2 %) соответственно.

#### Список литературы

1. Беспалова Л.А. Сорта пшеницы и тритикале Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукья-

- ненко / Л.А. Беспалова, А.А. Романенко, Ф.А. Колесников, И.Н. Кудряшов, И.Б. Аблова, А.В. Новиков (и др.). – Краснодар, 2009. – 93 с.
2. Вальков В.Ф. Почвенно-экологические аспекты растениеводства / В.Ф. Вальков, Т.В. Денисова, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Р.В. Кузнецов. – Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2007. – 391 с.
  3. Кудяров В.Н. Оценка современного вклада удобрений в агрогеохимический цикл азота, фосфора и калия / В.Н. Кудяров, В.М. Семенов // Почвоведение. – 2004. – № 12. – С. 1440–1446.

УДК 635.21:631.832:631.833

**ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ  
И БИОПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ  
В УСЛОВИЯХ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

© Л.С. Федотова, Всероссийский научно-исследовательский институт картофелевого хозяйства им. А.Г. Лорха (г. Москва, Россия)

© А.В. Селиванов, ООО «Агрофирма «Слава картофелю»  
(Россия, Республика Чувашия)

**INFLUENCE OF JOINT MINERAL FERTILIZERS APPLICATION  
AND BIOLOGICAL PRODUCTS ON POTATO PRODUCTIVITY  
IN CHUVASHIYA REPUBLIC CONDITIONS**

© L.S. Fedotova, Russian Research Institute of Potato named after A.G. Lorch  
(Moscow, Russia)

© A.V. Selivanov, Open Company "Agrofirm "Glory to a potato"  
(Russia, Republic Chuvashiya)

Получены экспериментальные данные (2011-2013 гг.) по росту и развитию, продуктивности и качеству раннего сорта картофеля Удача в условиях выщелоченного чернозема Комсомольского района Республики Чувашия. Были изучены различные способы применения биопрепаратов (Прорастин, Полистин, Фумар) в сочетании с микроэлементами в хелатной форме на двух фонах NPK (полная  $N_{170}P_{100}K_{170}$  и половинная доза  $N_{85}P_{50}K_{85}$ ) при возделывании картофеля.

Основное внесение минеральных удобрений, применение биопрепаратов и микроэлементов в хелатной форме для обработки клубней и некорневых подкормок, как по отдельности, так и в совокупном действии, положительно влияли на рост и развитие ботвы, ассимиляционной поверхности листьев картофеля и показатели фотосинтетической деятельности. Применение различных биопрепаратов повышало площадь листьев в блоке вариантов с полной дозой NPK на 5-13%, в блоке вариантов с половинной дозой NPK – на 7-16,8% по сравнению с соответствующими фонами; повышался фотосинтетический потенциал посадок картофеля в блоке вариантов с полной дозой NPK на 5-13,8%, в блоке вариантов с половинной дозой NPK – на 7-18,2% по сравнению с соответствующими фонами.

**Ключевые слова:** биопрепараты (Прорастин, Полистин, Фумар), хелаты микроэлементов, дозы минеральных удобрений, картофель.

Experimental data (2011-2013) were received on growth and development, productivity and quality of early potato varieties in the conditions of the leached chernozem of Komsomolski district of the Republic of Chuvashiya. Were studied different ways of entering of biological products (Prorastin, Polistin, Fumar) in combination with chelated microelements on two backgrounds NPK (full and half dose of  $N_{170}P_{100}K_{170}$ ;  $N_{85}P_{50}K_{85}$ ) at potato cultivation.

The main entering of fertilizers, the use of biologics and chelated microelements for treatment of tubers and top dressing, both individually and in the aggregate action, positively effect on growth and development of leaves, assimilating surface of potato leaves and indicators of photosynthetic activity. Using different biologics increased leaf area in block variants with a full dose of NPK by 5-13%, in a block with a half dose of NPK - 7-16,8% compared with the respective backgrounds, increased the photosynthetic potential of potato block variants with a full dose NPK on 5-13,8% in a block with a half dose of NPK - 7-18,2% compared with the respective backgrounds.



**Key words:** biological products (Prorastin, Polistin, Fumar), chelated microelements, dose of NPK fertilizers, productivity and quality of potato.

**E-mail:** ldfedotova@gmail.com

Получение высоких и стабильных урожаев картофеля за счет плодородия почвы даже в условиях Центрально-черноземного региона затруднительно. Исследования, проведенные в многолетних стационарных опытах, показывают, что процесс деградации почвенного плодородия без применения удобрений протекает значительно быстрее, чем происходит окультуривание при применении экономически оправданных доз [2]. Даже сторонники органического земледелия признают значение минеральных удобрений для восполнения выноса питательных элементов с урожаями сельскохозяйственных культур [5].

Одним из возможных актуальных решений проблемы получения устойчивой высокопродуктивной работы картофеленасыщенных агроценозов является применение биопрепаратов (Прорастин, Полистин, Фумар) на основе фитогормонов естественного происхождения (ауксинов, гиббереллинов, цитокининов) в сочетании с гуминовыми и фульвокислотами, а также природными веществами, обладающими бактерицидными свойствами, и комбинацией штаммов ризосферных микроорганизмов – антагонистов фитопатогенов.

Биопрепараты повышают биологическую активность почвы, улучшают ее агротехнические и экологические характеристики, ускоряют накопление гумуса, разложение накопленных ранее пестицидов и других ядохимикатов. Поэтому продукция, выращенная с использованием биопрепаратов, экологически чистая, обогащена витаминами, микроэлементами, содержит больше белка. Имеются сведения, когда применение биопрепаратов выполняло функцию элиситоров (индукторов устойчивости растений к болезням) – существенно снижало поражение клубней паршой обыкновенной, ризоктониозом и бактериальными гнилями [1, 3, 4].

Сочетание биопрепаратов (Прорастин, Полистин, Фумар) с микроэлементами в хелатной форме и различными дозами минеральных удобрений позволит разработать элементы адаптивно биологизированной технологии возделывания картофеля в условиях выщелоченных черноземов Волго-Вятского региона.

В 2011-2013 гг. в условиях выщелоченного чернозема на полях агрофирмы «Слава Картофелю» Комсомольского района Республики Чувашия был проведен полевой опыт по изучению различных способов применения биопрепаратов (Прорастин, Полистин, Фумар) с микроэлементами в хелатной форме на двух фонах NPK (полная  $N_{170}P_{100}K_{170}$  и половинная доза  $N_{85}P_{50}K_{85}$ ) при возделывании картофеля.

*Схема опыта:* 15 вариантов x 3 повторности (см. в табл. 1 и 2). Общая площадь делянки составляла 150 м<sup>2</sup>, учетная – 94,5 м<sup>2</sup>. Расположение делянок систематическое. Схема посадки – 75\*30 см. Особенностью в системе обработки почвы являлся отказ от отвальной зяблевой вспашки под картофель и замене её осенним глубоким рыхлением с предварительным дискованием поля после озимой пшеницы с измельченной соломой. Весной производилась посадка клубней на глубину 6 см сажалкой Hassia-СЛ-4 в предварительно сформированные вертикально-фрезерным культиватором РКЕ-400 гребни.

*Сроки посадки* – 15.05.2011 г.; 20.05.2012 г.; 18.05.2013 г.; *уборки* – 05.09.2011г.; 07.09.2012 г.; 08.09.2013 г. Агротехника ухода – общепринятая для зоны возделывания

*Объект исследований* – сорт картофеля Удача (суперэлита) – ранний.

*Формы удобрений:* аммиачная селитра (34% N); сложное азотно-фосфорно-калийное удобрение (N–11% P–13% K–28%).

*Норма расхода препаратов:* «Прорастин» для предпосадочной обработки семенного материала составляла – 2,3 л/10 л воды на 1 т клубней; Норма расхода препарата Фумар – 10 мл/10л воды на 1 тонну клубней. «Полистин» – 3 л/га на 300 л воды – опрыскивание ботвы в фазе бутонизации; Хелаты микроэлементов (Интермаг Картофель) – 2 л/га на 300 л воды – опрыскивание ботвы в фазе бутонизации.

*Почва* опытного участка – выщелоченный среднесуглинистый чернозем со следующими агрохимическими показателями пахотного горизонта перед закладкой опыта:

$pH_{KCl} = 5,30$ ;  $N_f = 3,40$  мг-экв/100г почвы; сумма поглощенных оснований – 37,5 мг-экв/100г почвы; степень насыщенности (V) – 91,7%; содержание подвижного фосфора – 150 мг/кг почвы и обменного калия – 134 мг/кг почвы; гумус – 6,99%.

*Метеоусловия.* Вегетационный период 2011 года начался с влажного и избыточно влажного климата в мае и июне месяцах. В июле месяце температура была на 3,6<sup>0</sup>C выше среднееголетнего значения, а количество осадков соответствовало норме. Август характеризовался превышением температуры на 1,3<sup>0</sup>C и практически отсутствием продуктивных дождей ( $ГТК_{августа} = 0,19$ ). Первая декада сентября была теплой, а количество осадков превысило в 3,4 раза среднееголетнее значение. Гидротермический коэффициент в среднем за сезон ( $ГТК_{2011}$ ) составил 1,51. Вегетационный период 2012 г. (май-август) характеризовался превышением температуры на 1-2,4<sup>0</sup>C, недобором осадков в мае-июле и превышением на 39% в августе ( $ГТК_{2012}=2,2$ ). Сезон 2013 года также характеризовался превышением температуры в мае-августе на 0,4-2,9<sup>0</sup>C, недобором осадков в мае-июне и августе; нормой осадков в июле и превышением в первой декаде сентября в 3,9 раза ( $ГТК_{2013}=1,6$ ).

*Учет урожая и его структуру, влажность пахотного слоя почвы определяли по методике ВНИИКХ (1989); агрохимические показатели почвы – по принятым ГОСТам. Содержание крахмала – по удельному весу; витамина С – по И.К. Мурри; нитратов – потенциометрически по ГОСТу 26951–86; Дисперсионный и корреляционный анализ экспериментальных данных проводили по Доспехову Б.А. (1985).*

Как известно, вегетативная масса картофеля определяет конечный урожай клубней. Основное внесение минеральных удобрений, применение биопрепаратов и микроэлементов в хелатной форме для обработки клубней и некорневых подкормок как по отдельности, так и в совокупном действии, положительно влияли на рост и развитие ботвы, ассимиляционной поверхности листьев картофеля и показатели фотосинтетической деятельности (табл. 1).

В среднем за вегетацию полная доза минеральных удобрений увеличивала площадь листьев в 2 раза, а половинная – на 82,0% по сравнению с неудобренным фоном (0). Применение различных препаратов как по отдельности, так и в сочетании, повышало площадь листьев в блоке вариантов с полной дозой NPK на 5-13%, в блоке вариантов с половинной дозой NPK – на 7-16,8%, по сравнению с соответствующими фонами.

По данным А.А. Ничипоровича (1961), оптимальным значением фотосинтетического потенциала (ФП) является 2,2-3,0 млн. м<sup>2</sup>/га\*дней, средним – 1,0-1,5 млн. и плохим – 0,5-0,7 млн. м<sup>2</sup>/га\*дней.

В нашем опыте величина ФП колебалась от 1,34 млн. м<sup>2</sup>/га\*дней (Фон без удобрений) до 2,96 млн. м<sup>2</sup>/га\*дней [Фон 1+Фумар (клубни)+Микроэлементы (ботва)].

Изучаемые препараты повышали фотосинтетический потенциал посадок картофеля в блоке вариантов с полной дозой NPK на 5-13,8%, в блоке вариантов с половинной дозой NPK – на 7-18,2% по сравнению с соответствующими фонами.

Таблица 1 – Влияние изучаемых факторов на фотосинтетическую активность картофеля с. Удача (среднее за 2012-2013 гг.)

Варианты	Площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га	ФП, млн. м <sup>2</sup> /га дней	ЧПФ, г/м <sup>2</sup> сутки	Продуктивность 1 тыс. ед. ФП, кг клубней
<b>Фон 0</b> (без удобрений)	14,0	1,34	3,34	14,4
<b>Фон 1</b> - $N_{170} P_{100} K_{170}$	28,6	2,60	2,26	11,2
<b>Фон 1</b> + Прорастин (клубни) 2,96	30,0	2,73	3,00	12,0
<b>Фон 1</b> + Фумар (клубни)	32,1	2,93	2,94	11,5
<b>Фон 1</b> + Прорастин (клубни) + Полистин (ботва)	31,3	2,85	3,28	12,4
<b>Фон 1</b> + Прорастин (клубни) + Микроэл (ботва)	30,9	2,82	3,12	12,3
<b>Фон 1</b> + Фумар (клубни) + Полистин (ботва)	31,9	2,92	2,96	12,3

<b>Фон1</b> + Фумар (клубни) + Микроэл. (ботва)	32,4	2,96	3,17	12,4
<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ N <sub>85</sub> P <sub>50</sub> K <sub>85</sub>	25,5	2,31	2,7	11,2
<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Прорастин (клубни)	27,3	2,48	2,75	11,2
<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Фумар (клубни)	27,5	2,50	3,00	11,2
<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Прорастин (клубни) + Полистин (ботва)	29,2	2,66	2,74	11,1
<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Прорастин (клубни) + Микроэл (ботва)	29,8	2,73	3,06	12,0
<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Фумар (клубни) + Полистин (ботва)	28,2	2,56	2,89	12,2
<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Фумар (клубни) + Микроэл. (ботва)	29,2	2,67	3,14	12,4
НСР <sub>05</sub>	1,6	0,42	0,8	0,5

Другой показатель фотосинтетической деятельности посадок – чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) – показывает прирост сухой массы растений в граммах за определенный промежуток времени, отнесенный к единице листовой поверхности. Чем больше затрачивается средств на увеличение урожая, тем заметнее снижается ЧПФ вследствие того, что наращиваемая вегетативная масса и листовая поверхность не может иметь 100% к. п. д., поэтому самый высокий показатель ЧПФ (3,34 г сухого вещества/м<sup>2</sup>\*сутки) был на неудобренном контроле.

Наиболее существенно ЧПФ снижалась в варианте с полной дозой NPK до 2,26 г сухого вещества/м<sup>2</sup>\*сутки или на 32% по сравнению с неудобренным вариантом. Применение различных препаратов повышало продуктивность фотосинтеза на 7-11%. Относительно высокая продуктивность 1 тысячи единиц ФП и ЧПФ была получена в следующих вариантах: [Фон NPK +Прорастин (клубни) + Полистин (ботва)]; [Фон NPK +Фумар (клубни) + Микроэлементы (ботва)], соответственно – 12,4 кг клубней и 3,17-3,28 г/м<sup>2</sup> сухого вещества в сутки. В блоке с половинной дозой удобрений высокой продуктивностью ФП и ЧПФ характеризовался вариант с обработкой клубней Фумаром в сочетании с некорневым опрыскиванием микроэлементами – [Фон S NPK + Фумар (клубни) + Микроэлементы (ботва)] – 12,4 кг клубней и 3,14 г/м<sup>2</sup> сухого вещества в сутки, соответственно.

Основным критерием эффективности того или иного удобрения является получаемый уровень урожайности (табл. 2).

В нашем опыте наименьшая урожайность картофеля за годы исследований (2011-2013 гг.) получена в варианте без удобрений (Фон 0) – 20,5 т/га.

Изучаемые факторы проявили следующее влияние на продуктивность картофеля: от действия полной дозы NPK получена прибавка урожая 10,1 т или 49,3%, от половинной дозы NPK – 6,1 т или 29,8%. Эффективность минеральных удобрений была выше в более влажных 2012 и 2013 годах.

Таблица 2 – Влияние биопрепаратов и микроэлементов на урожайность картофеля (сорт Удача, 2011-2013 г.).

№ п/п	Варианты опыта	Урожай, т/га	Прибавка от NPK; (клубни + ботва)		Прибавка от обработки клубней		Прибавка от опрыскивания ботвы	
			т/га	%	т/га	%	т/га	%
1	<b>Фон 0</b> (без удобрений)	20,5	-	-	-	-	-	-
2	<b>Фон 1</b> - N <sub>170</sub> P <sub>100</sub> K <sub>170</sub>	30,6	10,1	49,3	-	-	-	-
3	<b>Фон 1</b> + Прорастин (клубни)	32,8	-	-	2,2	7,2	-	-
4	<b>Фон 1</b> + Фумар (клубни)	33,4	-	-	2,8	9,2	-	-
5	<b>Фон 1</b> + Прорастин (клубни) + Полистин (ботва)	<b>36,7</b>	<b>6,1</b>	<b>19,9</b>			3,9	11,9
6	<b>Фон 1</b> + Прорастин (клубни) + Микроэл (ботва)	<b>37,0</b>	<b>6,4</b>	<b>20,9</b>			4,2	12,8
7	<b>Фон 1</b> + Фумар (клубни) + Полистин (ботва)	35,7	5,1	16,7			2,3	6,9

*XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*

8	<b>Фон1</b> + Фумар (клубни) + Микроэл. (ботва)	36,3	5,7	18,6			2,9	8,7
9	<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ N <sub>85</sub> P <sub>50</sub> K <sub>85</sub>	26,6	6,1	29,8	-	-		
10	<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Прорастин (клубни)	28,9	-	-	2,3	8,6	-	-
11	<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Фумар (клубни)	28,8	-	-	2,2	8,3	-	-
12	<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Прорастин (клубни) + Полистин (ботва)	32,0	5,4	20,3			3,1	10,7
13	<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Прорастин (клубни) + Микроэл (ботва)	32,3	5,7	21,4			3,4	11,8
14	<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Фумар (клубни) + Полистин (ботва)	32,0	5,4	20,3			3,2	11,1
15	<b>Фон</b> $\frac{1}{2}$ + Фумар (клубни) + Микроэл. (ботва)	<b>32,9</b>	<b>6,3</b>	<b>23,7</b>			4,1	14,2
НСР <sub>05</sub>		1,5						

В блоке вариантов с полной дозой минеральных удобрений урожайность составляла 30,6-37,0 т/га; в блоке вариантов с половинной дозой NPK урожайность была меньше и колебалась в интервале от 26,6 до 32,9 т/га.

Прибавка урожая картофеля в среднем за три года (2011-2013 гг.): *от предпосадочной обработки клубней:*

Прорастином – от 7,2% (на фоне NPK) до 8,6% (на фоне  $\frac{1}{2}$  NPK);

Фумаром – от 8,3% (на фоне  $\frac{1}{2}$  NPK) до 9,2% (на фоне NPK);

*от некорневого опрыскивания ботвы:*

Полистином – от 6,9-11,9% (на фоне NPK) до 10,7-11,1% (на фоне  $\frac{1}{2}$  NPK); Хелатами микроэлементов – от 8,7-12,8% (на фоне NPK) до 11,8-14,2% (на фоне  $\frac{1}{2}$  NPK) к соответствующим контролям.

Прибавка *от совокупного действия факторов на фоне NPK* (обработка клубней + опрыскивание ботвы) колебалась от 5,1-6,4 т/га (или 16,7-20,9%);

*От совокупного действия факторов на фоне  $\frac{1}{2}$  NPK* (обработка клубней + опрыскивание ботвы) – от 5,4 до 6,3 т/га (или 20,3-23,7%). Более высокая эффективность обработок биопрепаратами и микроэлементами на фоне пониженной дозы минеральных удобрений, по сравнению с таковой на фоне полной дозы NPK, очевидно, объясняется более сильным доминантным действием высокой дозы минеральных удобрений, чем биологических препаратов. Доля участия в блоке вариантов с полной дозой удобрений в формировании максимальной прибавки урожайности (6,1-6,4 т/га) составляла: NPK – 49,3%, совокупного действия биопрепаратов – 19,9-20,9%. Доля участия в блоке вариантов с половинной дозой удобрений в формировании максимальной прибавки урожайности (6,3 т/га) составляла:  $\frac{1}{2}$  NPK – 29,8%, совокупного действия биопрепаратов – 23,7%.

В блоке вариантов с полной дозой N<sub>170</sub>P<sub>100</sub>K<sub>170</sub> по влиянию на накопление массы клубней и формирование конечной урожайности выделились варианты с обработкой Прорастин (клубни) + Микроэлементы/ или Полистин (по вегетации) – урожайность 36,7-37,0 т/га, прибавка к фону 6,1-6,4 т/га или 19,9-20,9%.

В блоке вариантов с половинной дозой N<sub>85</sub>P<sub>50</sub>K<sub>85</sub> по влиянию на накопление массы клубней и формирование конечной урожайности выделился вариант: с обработкой Фумаром (клубни) + Микроэлементы (по вегетации) – урожайность 32,9 т/га, прибавка к фону 6,3 т/га или 23,7%.

Внесение различных доз минеральных удобрений, биопрепаратов и микроэлементов по-разному влияло на качество продукции картофеля.

Рост урожайности на вариантах с полной и половинной дозой NPK (на 29,8-49,3%) сопровождался снижением содержания сухого вещества (на 0,9-1,3%) и крахмала (на 0,6%). Применение биорегуляторов и микроэлементов в хелатной форме оказывало положительное влияние на качество продукции.

Таким образом, биопрепараты на основе фитогормонов естественного происхождения (ауксинов, гиббереллинов, цитокининов) в сочетании с гуминовыми и фульвокислотами, а также природными веществами, обладающими бактерицидными свойствами, и комбинацией штаммов ризосферных микроорганизмов (Прорастин, Поли-

стин, Фумар) и хелаты микроэлементов положительно влияли на рост, развитие и продуктивность картофеля, способствовали снятию отрицательного действия минеральных удобрений на качество продукции.

#### **Список литературы**

1. Кирюшин В. И. Экологизация земледелия и технологическая политика. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.
2. Небольсин А.Н. и др. Научно-методические основы оптимизации доз удобрений под основные сельскохозяйственные культуры по агрономическим, экономическим и экологическим параметрам [Применение минеральных удобрений]. – Ленинградский НИИСХ, – 2003. – 75с.
3. Парахин Н.В. Экологическая устойчивость и эффективность растениеводства: теоретические основы и практический опыт. – М.: Колос, 2002. – 199 с.
4. 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. – Курск: КСХА, 2003. – С. 54-55.
5. Шпаар Д., Быкин А., Дрегер Д. и др. Картофель (Возделывание, уборка, хранение). 3-е издание доработанное и дополненное. – Торжок: ООО «Вариант», 2004, 465 с.

**УДК 631**

#### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РИЗОТОРФИНА В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЁМЕ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

© *Н.И. Аканова, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова*  
(г. Москва, Россия)

© *Е.Д. Двойникова, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова*  
(г. Москва, Россия)

#### **EFFECTIVENESS OF THE APPLICATION OF RIZOTORFINA IN THE FORMATION OF THE PRODUCTIVITY OF LEGUMINOUS CULTURES WITH THE CULTIVATION ON THE LIXIVIATED CHERNOZEM OF THE PENZENSKAYA OBLAST**

© *N.I. Akanova, SSI All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)*

© *E.D. Dvoynikova, SSI All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry after D.N. Pryashnikov (Moscow, Russia)*

В статье рассматриваются вопросы эффективности применения биопрепаратов, их влияние на формирование продуктивности зернобобовых культур и симбиотического аппарата, накопление элементов питания в урожае в зависимости от внесения удобрений, уровня плодородия почвы.

**Ключевые слова:** бобовые растения, азот, азотфиксация, урожай, плодородие почв.

In the article are examined questions of the effectiveness of the application of biological preparations, their influence on the formation of the productivity of leguminous cultures and symbiotic apparatus, the accumulation of the elements of nourishment in the harvest depending on the introduction of fertilizers, level of the fertility of soil.

**Key words:** bean plants, nitrogen, nitrogen fixation, harvest, the fertility of the soils

В Российской Федерации вследствие крайней нестабильности в обеспечении сельского хозяйства ресурсами, главным образом минеральными удобрениями, мобилизация биологических факторов приобретает всё большую актуальность, создавая обостренные предпосылки получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур,

обеспечивая при этом воспроизводство почвенного плодородия. Повышения стабильности, снижения энерго- и ресурсозатрат, улучшения режима питания растений можно достичь путём экологизации сельскохозяйственного производства, что может достигаться внедрением экологически безопасных систем земледелия, базирующихся на применении микробиологических препаратов комплексного действия. В литературе для характеристики действия микробиологических препаратов встречается термин «землеудобрительные», раскрывающий их специфическое влияние на почву и экологическую обстановку, так как, например, вовлекаемый в агроэкосистему биологически фиксированный ими азот служит альтернативой азотным удобрениям.

Каждый из микробиологических препаратов обладает свойственными только ему механизмом взаимодействия в системе почва – растения – микроорганизмы, спектром действия и условиями эффективного применения. Механизм действия этих биопрепаратов на растения многогранен: подавление конкурирующих за среду обитания фитопатогенов, стимуляция развития полезных микроорганизмов, повышение иммунитета, стимуляция роста и развития растений, что повышает их устойчивость к болезням и сорнякам.

Экологичность биопрепаратов, низкая энергоёмкость и технологичность производства делают их конкурентоспособными в сравнении со средствами химизации в сельском хозяйстве, что очень важно при выращивании продуктов для детского и диетического питания.

Существенным достоинством биопрепаратов является экологическая безопасность – в их основе микроорганизмы, выделенные из природных объектов (корни и ризосфера растений, почва), которые не обладают канцерогенным, тератогенным и кумулятивным действием [15; 17].

Природно-климатические условия Пензенской области позволяют получать в регионе высокий урожай однолетних бобовых культур, среди которых вика яровая (*V. sativa*) является распространённой культурой разностороннего использования. Ценность её определяется высокой урожайностью зеленой массы и семян, что выделяет вику как важного компонента интенсификации в создании полноценной кормовой базы для животноводства области [1; 2]. Доля вики в посевной площади всех зернобобовых культур составляет в последние годы не менее 14%, и по прогнозу, эта доля в будущем будет увеличиваться. Однако урожайность этой культуры все еще остаётся невысокой и резко колеблется по годам. Поэтому актуальным является поиск приемов повышения её урожайности.

Применение биопрепаратов для инокуляции семян бобовых трав позволяет регулировать микробиологические процессы в почве, в том числе: способствует улучшению минерального питания, фиксации атмосферного азота, даёт возможность растениям полнее реализовать потенциальные возможности, создаёт благоприятные условия для оптимизации физиолого-биохимических процессов, происходящих в растениях, и, как следствие, приводит к увеличению урожайности и улучшению качества продукции.

Задачей исследований была оценка эффективности применения «Ризоторфина» при возделывании вики в зависимости от региональных агроэкологических условий. Ризоторфин представляет собой препарат высокоэффективных клубеньковых бактерий, выращенных на торфяном субстрате. В одном грамме препарата содержится не менее 2,5 млрд. активных клубеньковых бактерий. Дозы внесения ризоторфина – 200 г на гектарную норму посева. Процесс инокуляции представляет собой применение искусственно полученных клубеньковых бактерий рода *Rhizobium* для улучшения азотфиксации. Механизм положительного действия биопрепарата связан с интенсивным усвоением атмосферного азота бактериями, их способностью улучшать минеральный и водный обмен растений за счёт усиления поглотительной активности корней, а также продуцировать фитогормоны и повышать устойчивость к грибным и бактериальным инфекциям [5; 6].

Вика – культура длинного дня, влаголюбива, имеет тонкий полегающий, как правило, опушенный стебель, даёт высокие урожаи зеленой массы с отличными кормовыми достоинствами, в т.ч. высоким содержанием перевариваемого протеина и незаменимых аминокислот, что делает возможным использовать её для заготовки как зеленой массы, так и сена, сенажа и травяной муки [3; 4].

Симбиотическая азотфиксация играет существенную роль в обеспечении бобовых культур, связанных азотом. По вопросу необходимости внесения азотных удобрений под бобовые растения имеются противоречивые суждения. Ряд исследователей считает, что внесение минерального азота под зернобобовые культуры по крайней мере нерационально [7; 8]. Имеются также сведения об эффективности применения небольших доз азотных удобрений, которые необходимы на первых этапах развития растений и положительно влияют на рост корней, формирование на них клубеньков [9-12]. Однако существует также и еще другое мнение, что максимальный урожай бобовых культур можно получить только в условиях применения высоких доз азотных удобрений [13].

Для реализации поставленной нами задачи мы придерживались точки зрения, что инокуляция активными расами клубеньковых бактерий и обеспечение растений «стартовым» количеством минерального азота позволит наиболее полно реализовать потенциал продуктивности бобовой культуры [14; 16]. На наш взгляд, в большей степени неоднозначность суждений по этому вопросу можно объяснить существенными различиями в условиях проведения экспериментов, агрохимических свойств почв, температурных и влажностных показателей.

В данной работе обобщены результаты опыта, заложенного на опытном поле СПК «Гигант», расположенного в западной части Кузнецкого района Кузнецко-Лопатинской агропочвенно-климатической зоне Пензенской области. Специализация хозяйства – производство зерна. Почва участка – чернозем выщелочный, среднегумусный, среднемощный тяжелосуглинистый. Основные агрохимические параметры: содержание гумуса – 6,3%, подвижного фосфора – 57 мг/кг почвы, обменного калия – 168 мг/кг почвы, обеспеченность подвижными формами микроэлементов низкая, реакция почвенной среды  $pH_{\text{сол}}$  – 5,2-5,4. Агротехника гороха была общепринятой для лесостепи Среднего Поволжья.

Вегетационные периоды 2012-2013 г. характеризовались неравномерным выпадением осадков, в том числе в мае недостатком количества осадков, и повышенным температурным режимом в июне и июле, сумма положительных температур больше 10°C изменялась от 2022,2°C до 2483,7°C, сумма осадков за вегетацию – от 180,4 мм до 285,9 мм. Гидротермический коэффициент составил в 2012 году – 0,9; 2013 – 1,4. Площадь учетной делянки – 30 м<sup>2</sup>. Повторность – 4-х кратная. Норма высева семян 120 кг/га. Предшественник – озимая пшеница. Минеральные удобрения – аммиачная селитра, суперфосфат, хлористый калий. Ризоторфин для инокуляции наносили в день посева на увлажненные семена Вики сорта Льговская 31-292 вручную в соответствии с рекомендациями для торфяных бактериальных препаратов. Глубина заделки семян вики – 3-5 см, при рядовом способе посева, ширина междурядий – 8-12 см. Исследование влияния бактериологического препарата на формирование корневой системы проводили по методике Н.З. Станкова (1964). Об эффективности бобово-ризобияльного симбиоза судили по урожаю зеленой массы вики и содержанию в ней сырого протеина. С учетом возделывания вики в системе зеленого конвейера в опыте к скашиванию приступили в фазу образования бобов, когда формируется максимальная урожайность зеленой массы и обеспечивается более высокий сбор белка. Период вегетации составил 99 дней в 2012 году и 91 дня в 2013 году.

Сроки прохождения основных фенологических фаз являются важными характеристиками онтогенеза растений, так как дают объективное представление о росте и развитии растений в период вегетации. Обработка семян препаратом не оказала влияния на скорость наступления фенофаз растений вики и вегетационный период в целом.

Вика, как и все другие зернобобовые культуры, хорошо использует последствие удобрений, внесенных под предшественник (озимая пшеница). Необходимость внесения минеральных удобрений непосредственно под вику возникает при низкой обеспеченности почвы доступными формами минерального питания. С учетом средней обеспеченности подвижными формами макроэлементов, в опыте применяли под основную обработку P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>.

Полевая всхожесть и сохранность растений к уборке являются очень важными показателями, определяющими урожайность любой сельскохозяйственной культуры. В

зоне недостаточного увлажнения лесостепи Среднего Поволжья актуальность этой проблемы еще более возрастает. Полученные результаты при обработке семян показывают, что наилучшие показатели достигаются при обработке семян ризоторфином. Полевая всхожесть увеличивается на 5,3%, а сохранность растений – на 2,4%. Корреляционный анализ выявил тесную зависимость между полевой всхожестью и урожайностью, коэффициент корреляции  $r = 0,89$ .

Увеличение урожайности является главным результатом при возделывании любой сельскохозяйственной культуры. Применение в технологии возделывания вики бактериальных препаратов позволяет наиболее полно реализовать потенциал, заложенный в генотипе культуры. В полевом опыте по изучению влияния ризоторфина на урожайность вики установлено, что применение ризоторфина на чернозёме выщелоченном Пензенской области является высокоэффективным приемом, обеспечивающим повышение продуктивности в среднем за три года на 25,8-34,7% в сравнении с небактеризованными вариантами (табл. 1).

Инокуляция оказалась эффективной как по фону фосфорных и калийных удобрений, так и полного минерального удобрения, получены достоверные прибавки соответственно 67-90 ц/га по отношению к контролю, при этом 45-49 ц/га от применения ризоторфина. При оценке эффективности были произведены учеты урожая и сухой массы растений. Уровень накопления сухой биомассы посевами вики тесно коррелировал с урожайностью и продуктивностью изучаемого агроценоза ( $r=0,89$ ;  $y=57,5+17,3 x$ ) и ГТК ( $r=0,91$ ).

Таблица 1 – Влияние ризоторфина на продуктивность вики (зел. масса) (в среднем за два года)

Варианты опыта	Средний урожай				Сырой протеин		
	ц/га	прибавка урожая			%, зел. масса	сбор кг/га	при бавка
		ц/га	%	от ризоторфина, ц/га			
Контроль	259	-	-	-	2,99	774	-
P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	281	22,2	8,5	-	3,11	874	100
N <sub>20</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	300	41,0	15,8	-	3,22	966	192
P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> +ризоторфин	326	66,8	25,8	45,0	3,58	1167	393
N <sub>20</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> +ризоторфин	349	89,9	34,7	49,0	3,71	1294	520
НСР <sub>05</sub> , ц/га	19,4				0,14		
m, %	2,78				3,07		

Прирост сырого протеина под влиянием клубеньковых бактерий составил 393-520 кг/га. Эффективность инокуляции отчетливо проявилась в накоплении белка: содержание сырого протеина по фону P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> 3,58%, что на 0,59% больше по сравнению с контролем, повышение белковости от ризоторфина составило 0,47%. Использование минерального азота способствовало дальнейшему улучшению качества кормовой продукции: содержание сырого протеина от ризоторфина увеличилось на 0,5% и составило 3,71%.

Фиксация бобовыми растениями атмосферного азота обеспечивает высокие урожаи дешевого растительного белка при существенной экономии дорогостоящих минеральных удобрений. С пожнивно-корневыми остатками бобовых трав в почве остается в среднем около 50% фиксированного из воздуха азота, который существенно повышает плодородие почвы и урожай последующих культур. В естественных условиях бобовые растения используют только 10–30% своего азотфиксирующего потенциала. Инокуляция их эффективными штаммами клубеньковых бактерий повышает этот пока-



затель до 15–50% (на 40–60%), а остальной резерв может быть использован при оптимизации условий функционирования симбиоза.

Корневая система вики яровой – стержневая с большим числом боковых корешков, является важной частью растений, её формирование определяет состояние всей вегетативной сферы растений. Формирование корней в определенной мере повторяет динамику роста стебля, наибольший прирост их массы отмечается в период от начала цветения до начала образования бобов. Коэффициент продуктивности корневой системы вики (отношение надземной массы к массе корней) находится в пределах 2,1–2,7. Число клубеньков на корнях является одним из основных показателей азотфиксирующей способности растений. В опыте была проведена оценка влияния ризоторфина на клубеньковообразующую способность вики (табл. 2).

Наращение количества и массы клубеньков как на контроле, так и в опытных вариантах с экзогенной обработкой семян постепенно увеличивалось к фазе образования бобов. Максимальную величину симбиотического аппарата посева вики сформировали в вариантах с применением полного минерального удобрения, количество активных клубеньков составило 95 млн. шт./га, что практически в 2 раза больше контрольного варианта.

Таблица 2 – Формирование симбиотического аппарата вики (млн. шт/га)

Варианты опыта	Фазы развития растений			
	всходы-ветвление	кущение-бутонизация	колошение-цветение-зернообразование	образование боба
Контроль	27/25*	65/48	59/35	47/0
P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	36/33	71/65	71/52	55/0
N <sub>20</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	44/41	89/85	87/65	65/0
P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> +ризоторфин	51/49	115/81	94/81	75/0
N <sub>20</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> +ризоторфин	57/55	120/95	102/85	89/0

\*Примечание: числитель – общее число клубеньков, знаменатель – активных.

Показатель продолжительности общего симбиоза не отражает времени активной работы симбиотического аппарата. Показателем, характеризующим величину симбиотического аппарата, является симбиотический потенциал, включающий в себя два критерия азотфиксации: массу клубеньков и продолжительность их функционирования. Общий симбиотический потенциал (ОСП) учитывает всю массу клубеньков, а активный (АСП) – массу клубеньков с леггемоглобином. В наших опытах максимальные значения массы клубеньков достигнуты при использовании полного минерального удобрения в сочетании с ризоторфином (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3 – Динамика изменения сырой массы клубеньков в период вегетации яровой вики (кг/га)

Варианты опыта	Фазы развития растений		
	кущение-бутонизация	колошение-цветение	образование бобов-налив зерна
Контроль	22/19*	68/59	81/51
P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	25/21	77/66	92/65
N <sub>20</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	29/27	93/75	101/67
P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> +ризоторфин	31/28	128/112	116/80
N <sub>20</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> +ризоторфин	36/33	137/125	131/92

\* Примечание: числитель – общее число клубеньков, знаменатель – активных

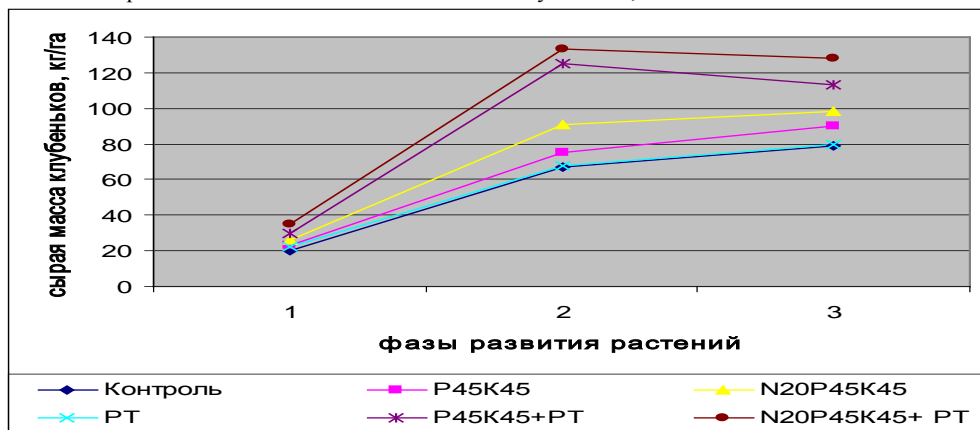


Рисунок 2 – Динамика изменения сырой массы клубеньков в период вегетации растений вики

На рисунке 2 представлены результаты исследований, иллюстрирующие эффективное действие ризоторфина в динамике изменения сырой массы клубеньков в период вегетации яровой вики.

Эффективность величины бобово-ризобияльного симбиоза отражает масса клубеньков с леггемоглобином, который, связывая кислород, создает необходимые микроаэрофильные условия в клубеньке и вместе с тем транспортирует к бактериоидам кислород, необходимый для дыхания. В результате анализа установлено, что наибольшая масса азотфиксирующих клубеньков формируется в фазу цветения вики, в условиях сочетания ризоторфина и полного минерального удобрения масса клубеньков составила 137 кг/га, при этом активных – 125 кг/га, что выше, чем на контрольном варианте, в 2 раза.

Таким образом, предпосевная обработка семян ризоторфином положительно влияет на формирование агроценоза вики: наиболее стимулирующее действие выявлено при совместном использовании ризоторфина с полным минеральным удобрением. В этих условиях отмечается наибольшее количество и масса активных клубеньков.

#### Список литературы

1. Антоний А.К., Пылов А.П. *Зернобобовые культуры на корм и семена*. – Л.: Колос, 1980. – 220 с.
2. Беляк В.Б., Болахонина В.И. *Продукционная и средообразующая оценка кормового севооборота из бобово-злаковых смесей // Кормопроизводство*. – 2009. – № 11. – С. 12-15.
3. Воронцов Г.В. *Кормовые достоинства зерна вики посевной и ее использование в рационах молодняка свиней при обогащении их биол. актив. веществам // Сб. Биол. акт. в-ва в живот-ве*. – 1988. – С. 80-84.
4. Васин А.В., Ельчанинов Н.Н. *Зернобобовые культуры в чистых и смешанных посевах на фураж // Земледелие*. – 2006. – №4. – С. 28-29.
5. Завалин А.А. *Биопрепараты, удобрения и урожай*. – М., 2005. – 302 с.
6. Завалин А.А., Алметов Н.С. *Применение биопрепаратов и биологический азот в земледелии Нечерноземья*. – М., 2009. – С.55-59.
7. Тихонович И.А., Архипченко И.А., Борисов А.Ю. и др. *Роль и место сельскохозяйственной науки в АПК России*. – М., 2005. – С. 181-206.
8. Гнетиева Л.Н., Барышникова Л.М. *Влияние нитрагина и минерального азота на уровень симбиотической азотфиксации, урожай белого кормового люпина и кормовых бобов и его качество // Тр. ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии*. – Л., – 1987. – Т.57. – С. 51-57.
9. Доросинский Л.И. *Клубеньковые бактерии и нитрагин*. – Л., 1970. – 191 с.

10. Доросинский Л.И. Повышение продуктивности бобовых культур и улучшение их качества // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М., 1985. – С. 31-45.
11. Мильто Н.И. Клубеньковые бактерии и продуктивность бобовых растений. – Минск: Наука и техника, 1982. – 296 с.
12. Григорьев Ю.П., Казанцев В.П. Влияние ризоторфина на кормовую продуктивность вики и вико-мятликовых смесей // Научная жизнь. 2012. – №2. – С. 6-12.
13. Гукова М.М. Особенности питания бобовых растений свободным и связанным азотом: Автореф. дисс....д-ра биол. наук. – М., 1974. – 42 с.
14. Алисова С.М. и др. Влияние минерального азота на ацетилен восстанавливающую активность клубеньков гороха // Тр. ВНИИ с-х. микробиологии. – Л. – 1987. – Т.47. – С. 42-47.
15. Кудряшов Д.Б. Формирование урожайности и качества зерна овса под влиянием регуляторов роста и бактериальных препаратов в Лесостепи Поволжья: Автореф. дисс. Канд. Наук. – Пенза, 2011. – 22 с.
16. Лупашку З.А. Усвоение минерального азота и биологического азота соей при инокуляции // Микроорганизмы и продуктивность сельского хозяйства. – Рига, 1980. – 145 с.
17. Сибиряк Л.А., Рьянов Р.З., Камалетдинова Р.Н., Шпаар Д. Вредители и болезни полевых культур и борьба с ними. – Уфа: Башкирское издательство, 1968. – 145 с.

**УДК 635.21:631.832:631.833**

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ ХЛОР- И МАГНИЙ-, СЕРОСОДЕРЖАЩИХ  
УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ**

- © **Я.В. Докшин**, Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (г. Москва, Россия)
- © **Л.С. Федотова**, Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (г. Москва, Россия)

**COMPARATIVE ACTION CHLORINE - AND MAGNESIUM - SULPHUROUS  
FERTILIZERS ON PRODUCTIVITY OF THE POTATO**

- © **Y.V. Dokshin**, Russian Research Institute of Potato named after A.G. Lorch (Moscow, Russia)
- © **L.S. Fedotova**, Russian Research Institute of Potato named after A.G. Lorch (Moscow, Russia)

Получены экспериментальные данные по росту и развитию, продуктивности и качеству трех сортов картофеля отечественной селекции в зависимости от внесения NPK удобрений с хлором в двух дозах (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>135</sub>Cl<sub>100</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>180</sub>Cl<sub>135</sub>) и эквивалентных доз NPK удобрений с магнием и серой в условиях дерново-подзолистой почвы Нечерноземной зоны России. В опыте также сравнивалось действие дробно-локального внесения повышенной дозы удобрений обеих форм: 2/3 дозы – основное внесение до посадки + 1/3 – при окучивании рядков. Средние и повышенные дозы минеральных удобрений обеих форм (Cl и Mg+S) оказывали положительное влияние на рост и развитие вегетативной массы изучаемых сортов картофеля.

**Ключевые слова:** хлорсодержащие, магний-, серосодержащие минеральные удобрения, урожайность и качество картофеля.

Experimental data (2012-2013) were received on growth and development, productivity and quality of three potato varieties of domestic selection depending on entering NPK fertilizers with chlorine in two doses (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>135</sub>Cl<sub>100</sub> and N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>180</sub>Cl<sub>135</sub>) and equivalent doses NPK fertilizers with magnesium and sulphur in the conditions of the sod-podzolic soil of the Nonchernozem zone of Russia. In the experiment also were compared the action of fractional-local entering of the increased dose of fertilizers of both forms: 2/3 doses - the basic entering before landing + 1/3 - during the hilling rows. The average and increased doses of mineral fertilizers of both forms (Cl and Mg+S) had a positive effect on the growth and development of vegetative weight of studied potato varieties.

**Key words:** NPK of fertilizers with chlorine, NPK of fertilizers with magnesium and sulphur, productivity and quality of potato.

**E-mail:** ldfedotova@gmail.com

В практике возделывания картофеля сложилось устойчивое мнение об отрицательном влиянии хлорсодержащих удобрений на урожайность этой культуры и особенно на показатели качества продукции, что подтверждается рядом исследований [2, 5, 6, 7, 8].

К тому же в Российской Федерации 47,4 % почв относятся к низко- и среднеобеспеченным магнием (Mg) [1] и 76,5% – к низко- и среднеобеспеченным серой (S) [3]. Клубни картофеля с более низким уровнем кальция и магния характеризуются более низкой усвояемостью в человеческой пище [1, 9, 10]. Ранней весной на всех типах почв минеральная сера, как и азот, находится в дефиците. Поэтому независимо от содержания общей серы в почве почти все зимующие культуры отзываются в это время на серу. В годы с холодной и влажной весной эффективность серосодержащих удобрений повышается. В годы с умеренным увлажнением содержание подвижной серы в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве (ЦОС ВИУА) составляет 13...17 мг/кг, а в годы с сильной засухой (такие как 1972, 2002, 2010 годы) ее содержание опускается до 6 мг/кг почвы [3]. В среднем с 1 т урожая картофеля вместе с клубнями и ботвой (биологический вынос) выносятся 5 кг азота, 2 – фосфора, 10 – калия, 3,8 – кальция, 1,6 – магния и 0,5 кг – серы. Так, при урожае клубней 300 ц/га вынос азота составляет 140...150 кг/га, фосфора – 40...60, калия – 250...300, кальция – 80...90, магния – 40...50, серы – 10...15 кг/га [6].

Поэтому для получения стабильно высоких урожаев картофеля (столового назначения) с хорошим качеством продукции в условиях Центрального региона Нечерноземной зоны, помимо внесения достаточного количества азота, фосфора и калия, необходимо разрабатывать систему питания с магнием и серой. К тому же данные отечественных исследователей по сравнительному действию хлора и серы касаются устаревших сортов картофеля, которые давно не используются в практике. Актуальным и практически важным вопросом картофелеводства является разработка путей получения максимальной урожайности картофеля с учетом генетического потенциала продуктивности, биологических особенностей современных сортов [4], в том числе необходимо знать реакцию новых сортов картофеля на такие элементы, как хлор и сера.

В 2012-2013 гг. в условиях дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы на полях ООО «Матвеевка» Луховицкого района Московской области был проведен полевой опыт по изучению эффективности различных форм, доз и способов применения калийных удобрений в составе NPK при возделывании картофеля.

*Объект исследований* – три сорта картофеля: Удача и Любава – ранние и Голубизна – среднеспелый.

*Схема опыта* включала 7 вариантов: 1) Контроль – без удобрений; 2)  $N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$ ; 3)  $N_{120}P_{120}K_{180}Cl_{135}$ ; 4)  $N_{90}P_{90}K_{135}Cl_{100}$  (основное внесение до посадки) +  $N_{30}P_{30}K_{45}S_{135}$  (при окучивании рядков); 5)  $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$ ; 6)  $N_{120}P_{120}K_{180}Mg_{70}S_{115}$ ; 7)  $N_{90}P_{90}K_{135}Mg_{53}S_{87}$  (основное внесение до посадки) +  $N_{30}P_{30}K_{45}Mg_{17}S_{28}$  (при окучивании рядков).

*Формы удобрений:* аммиачная селитра (34% N); аммофос (10%N-52%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); калий хлористый (57%K<sub>2</sub>O-43%Cl) и калимагнезия (32% K<sub>2</sub>O - 12,5%MgO-20,5%S).

*Сроки посадки* – 8.05.2012 и 10.05. 2013 г. Первым с середины августа убирали сорт Удача, затем последовательно с интервалом 10 дней Любава и Голубизна. Схема посадки – 75 x 30 см. Площадь делянки 60 м<sup>2</sup>; учетная – 41 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная. Расположение делянок рендомизированное внутри повторений. Агротехника ухода – общепринятая для зоны возделывания.

*Почва* опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая, со следующими характеристиками: рН<sub>KCl</sub> – 5,56-5,90; Н<sub>г</sub> – 3,58-4,83 мг-экв/100г почвы; сумма поглощенных оснований (S) – 13,7-14,6 мг-экв/100г почвы и степень насыщенности ими

(V) – 74,7-77,3 %; содержание подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) – 141-165 мг/кг почвы и обменного калия ( $K_2O$ ) – 232-264 мг/кг почвы.

*Метеоусловия* вегетационного периода 2012 г. в целом приближались к среднемноголетней климатической норме (ГТК<sub>2012</sub>=1,26, ГТК<sub>много.</sub>=1,29), однако в июле месяце температура воздуха была выше нормы на 2,7 °С, а количество осадков было в 2,8 раза ниже нормы. ГТК<sub>июль</sub> равнялся 0,43, что является показателем сильной засухи. Вегетационный период 2013 года характеризовался нестабильными условиями по распределению осадков: избыточное переувлажнение (ГТК<sub>май</sub> = 2,64) сменялось засухой (ГТК<sub>июнь</sub>=0,66) и вновь обильными неравномерными осадками (ГТК<sub>июль</sub> =1,77; ГТК<sub>августа</sub>=1,68).

*Учет урожая* и его структуру, влажность пахотного слоя почвы определяли по методике ВНИИКХ (1989); агрохимические показатели почвы – по принятым ГОСТам. Содержание крахмала – по удельному весу; витамина С – по И.К. Мурри; нитратов – потенциметрически по ГОСТу 26951–86; дисперсионный и корреляционный анализ экспериментальных данных проводили по Доспехову Б.А. (1985).

Как известно, вегетативная масса картофеля определяет конечный урожай клубней. Для определения динамики нарастания вегетативной массы, листовой поверхности и массы клубней картофеля проводилось взятие растительных проб с двух не смежных повторений каждого варианта опыта по всем сортам, начиная с фазы бутонизации.

Динамика нарастания массы ботвы показала, что средняя и повышенная дозы минеральных удобрений с хлором (2 и 3-ий варианты) увеличивали массу ботвы в зависимости от сорта – Удача – Любава – Голубизна: на 53-80% – 46-64% и 58-84%, соответственно.

Средняя и повышенная дозы минеральных удобрений с магнием и серой (5 и 6-ой варианты) также увеличивали массу ботвы в зависимости от сорта – Удача – Любава – Голубизна: на 70-91%, 48-66% и 62-94%, соответственно. Наиболее существенно повышалась масса ботвы под действием удобрений у сорта Удача, при этом преимущество было за формами магний и серосодержащих удобрений.

Масса ботвы на вариантах с дробным внесением удобрений (4 и 7-ой варианты) по сортам Удача и Любава достигала уровня этого показателя на вариантах со средней дозой NPK (2 и 5-ый варианты) и уступала массе ботвы на вариантах с эквивалентной повышенной дозой NPK (3 и 6-ой варианты). Только на сорте Голубизна масса ботвы на варианте с дробным внесением серосодержащих удобрений (21,1 т/га) достигала массы ботвы варианта с эквивалентной повышенной дозой NPK – 21,2 т/га. Отставание развития вегетативной массы на вариантах с дробным внесением удобрений (4 и 7-ой варианты) от соответствующих эквивалентных повышенных доз NPK (3 и 6-ой варианты) можно объяснить тем, что ранние сорта не успевают полностью использовать подкормку.

Применение минеральных удобрений в различных формах и дозах оказало существенное влияние на формирование ассимиляционной поверхности растений картофеля и продуктивность её работы (табл. 1).

Наименьшая площадь листьев была на вариантах без удобрений по всем сортам: от 13,9 тыс.м<sup>2</sup>/га (Удача) до 18,0 тыс.м<sup>2</sup>/га (Любава).

В блоке вариантов с хлорсодержащими формами минеральных удобрений площадь листьев по сортам составляла: Удача – 21,7-24,5 тыс.м<sup>2</sup>/га; Любава – 25,3-27,5 тыс.м<sup>2</sup>/га; Голубизна – 26,4-29,1 тыс.м<sup>2</sup>/га; в блоке вариантов с магнием- и серосодержащими удобрениями площадь листьев была примерно такой же для сорта Любава – 26,1-27,9 тыс.м<sup>2</sup>/га; и выше по сортам Удача и Голубизна – 23,4-26,2 и 27,8-32,3 тыс.м<sup>2</sup>/га соответственно.

Таблица 1 – Влияние изучаемых факторов на фотосинтетическую активность сортов картофеля (среднее за 2012 и 2013 гг.)

Вариант	Площадь листовой поверхности, тыс. м <sup>2</sup> /га			ФП, млн. м <sup>2</sup> /га дней			ЧПФ, г/м <sup>2</sup> сутки			Продуктивность 1 тыс.ед. ФП, кг клубней		
	Удача	Любава	Голубизна	Удача	Любава	Голубизна	Удача	Любава	Голубизна	Удача	Любава	Голубизна
1.Без удоб-рений	13,9	18,0	17,4	1,18	1,63	2,18	3,6	3,0	2,9	17,5	13,9	12,2
2. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>135</sub> Cl <sub>100</sub>	21,7	26,0	26,4	1,83	2,41	3,26	3,3	2,8	2,2	16,6	13,5	9,3
3. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> Cl <sub>135</sub>	24,5	27,5	29,1	2,07	2,54	3,60	3,1	2,7	2,1	16,2	13,8	9,3
4. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>135</sub> Cl <sub>100</sub> + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>45</sub> Cl <sub>35</sub>	23,6	25,3	28,2	1,99	2,33	3,49	3,1	2,8	2,2	16,6	14,5	9,7
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>135</sub> Mg <sub>53</sub> S <sub>87</sub>	23,4	26,1	27,8	1,98	2,41	3,44	3,5	2,7	2,2	16,5	13,4	9,0
6. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> Mg <sub>70</sub> S <sub>115</sub>	26,2	27,9	32,3	2,21	2,57	4,00	3,2	2,8	2,3	16,2	13,6	9,2
7. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>135</sub> Mg <sub>53</sub> S <sub>87</sub> + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>45</sub> Mg <sub>17</sub> S <sub>28</sub>	24,9	26,1	31,4	2,10	2,40	3,90	3,4	2,8	2,3	16,5	14,0	8,9

Величина фотосинтетического потенциала (ФП) в блоке вариантов с хлорсодержащими формами минеральных удобрений по сортам составляла: Удача – 1,83-2,07 млн. м<sup>2</sup>/га\*дней; Любава – 2,33-2,54 млн. м<sup>2</sup>/га\*дней; Голубизна – 3,26-3,60 млн. м<sup>2</sup>/га\*дней; в блоке вариантов с магнием и серосодержащими удобрениями величина ФП была несколько выше: для сортов Удача – 1,98-2,21, Голубизна – 3,44-4,00 млн. м<sup>2</sup>/га\*дней и примерно такой же для сорта Любава – 2,41-2,57 млн. м<sup>2</sup>/га\*дней.

Для сортов Удача, Голубизна максимальная площадь листьев (26,2 и 31,4-32,3 тыс. м<sup>2</sup>/га, соответственно) и фотосинтетический потенциал (ФП) (2,21 и 3,9-4,0 млн. м<sup>2</sup>/га\*дней) сформировались на вариантах с повышенной дозой магний- и серосодержащих минеральных удобрений (N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>180</sub>Mg<sub>70</sub>S<sub>115</sub>) и на вариантах с дробным внесением этой же дозы удобрений – N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>135</sub>Mg<sub>53</sub>S<sub>87</sub> + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub>Mg<sub>17</sub>S<sub>28</sub>.

Сорт Любава сформировал максимальную площадь листьев (27,5 и 27,9 тыс. м<sup>2</sup>/га) и фотосинтетический потенциал (2,54 и 2,57 млн. м<sup>2</sup>/га\*дней) на вариантах с повышенной дозой обеих форм минеральных удобрений, при этом на чистую продуктивность фотосинтеза этого сорта дозы NPK, формы и способы внесения не повлияли. Наиболее высокая продуктивность 1 тысячи единиц ФП (16,6; 14,5 и 9,7 кг клубней) получена на вариантах с дробным внесением повышенной дозы хлорсодержащих удобрений по всем сортам картофеля.

Основным критерием эффективности того или иного удобрения является получаемый уровень урожайности. В нашем опыте наименьшая урожайность клубней по всем сортам картофеля сформировалась на вариантах без применения удобрений: с. Удача – 23,4 т/га, с. Любава – 25,7 т/га и с. Голубизна – 27,9 т/га. Средняя и повышенная дозы минеральных удобрений с хлором (2 и 3-ий варианты) увеличивали урожайность в зависимости от сорта Удача – Любава – Голубизна: на 47-59%, на 46-63% и на 21-42%, соответственно.

Средняя и повышенная дозы минеральных удобрений с магнием и серой (5 и 6-ой варианты) также увеличивали урожайность клубней в зависимости от сорта Удача – Любава – Голубизна: на 65-75%, на 50-63% и на 25-60% соответственно. Наиболее существенно повышалась урожайность клубней под действием магний- и серосодержащих удобрений у сортов Удача и Голубизна.

По данным двух лет можно утверждать, что толерантность к хлорсодержащим удобрениям проявил сорт Любава, у которого прибавки урожая от хлорсодержащих (+ 46-63%) и магний-, серосодержащих удобрений (+ 50-63%) были на одном уровне.

Таблица 2 – Влияние изучаемых факторов на урожайность сортов картофеля (среднее за 2012 и 2013 гг.)

Вариант	Удача			Любава			Голубизна		
	валов. урожай, т/га	прибавка		валов. урожай, т/га	прибавка		валов. урожай, т/га	прибавка	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
1. Без удобрений	20,6	-	-	22,1	-	-	23,2	-	-
2. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>135</sub> Cl <sub>100</sub>	30,5	9,9	48	32,3	10,2	46	30,2	7,0	30
3. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> Cl <sub>135</sub>	33,5	12,9	63	35,1	13,0	59	33,6	10,4	45
4. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>135</sub> Cl <sub>100</sub> + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>45</sub> Cl <sub>35</sub>	33,2	12,6	61	34,3	12,2	55	33,6	10,4	45
5. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>135</sub> Mg <sub>53</sub> S <sub>87</sub>	32,9	12,3	60	32,4	10,3	47	30,8	7,6	33
6. N <sub>120</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> Mg <sub>70</sub> S <sub>115</sub>	35,9	15,3	74	35,7	13,6	62	36,9	13,7	59
7. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>135</sub> Mg <sub>53</sub> S <sub>87</sub> + N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>45</sub> Mg <sub>17</sub> S <sub>28</sub>	34,7	14,1	68	34,3	12,2	55	34,1	10,9	47
<i>Среднее по сорту</i>	<b>31,6</b>	<b>12,9</b>	<b>62</b>	<b>32,3</b>	<b>11,9</b>	<b>54</b>	<b>31,8</b>	<b>10,0</b>	<b>43</b>
НСП <sub>05</sub>	1,6			1,8			1,6		

Урожайность клубней на вариантах с дробным внесением удобрений (4 и 7-ой варианты) по сортам Удача и Любава достигала уровня этого показателя на вариантах с повышенной дозой NPK (3 и 6-ой варианты), а по сорту Голубизна немного уступала массе клубней на этих вариантах. По фактору *сорт* эффективность минеральных удобрений снижалась от ранних к среднеспелому сорту: с 62% (Удача) – 54% (Любава) до 43% (Голубизна).

Внесение различных форм и доз минеральных удобрений по-разному влияло на качество продукции изучаемых сортов картофеля. Отрицательное влияние удобрений наблюдалось на варианте с дробно-локальным внесением хлорсодержащих форм в повышенной дозе на всех сортах: по сорту Удача снижение сухого вещества и крахмала составило 0,5%; по сорту Любава снижение сухого вещества и крахмала – 1,4%, витамина С – 2,2 мг%; по сорту Голубизна снижение сухого вещества и крахмала – 1,1-1,3%.

Рост урожайности сорта Удача на вариантах с магний- и серосодержащими удобрениями также сопровождался снижением сухого вещества и крахмалистости на 0,5-0,8% по сравнению с вариантом без удобрений.

В отличие от сорта Удача крахмалистость (и сухое вещество) клубней сортов Любава и Голубизна повышалась как на вариантах со средними (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>135</sub>Cl<sub>100</sub>) и повышенными дозами (N<sub>120</sub>P<sub>120</sub>K<sub>180</sub>Cl<sub>135</sub>) хлорсодержащих удобрений, так и на вариантах с магний- и серосодержащими удобрениями (N<sub>90-120</sub>P<sub>90-120</sub>K<sub>135-180</sub>Mg<sub>53-70</sub>S<sub>87-115</sub>), в том числе и на варианте с дробно-локальным их внесением (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>135</sub> Mg<sub>53</sub>S<sub>87</sub> + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub>Mg<sub>17</sub>S<sub>28</sub>).

Вариант с дробным внесением магний- и серосодержащих удобрений (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>135</sub>Mg<sub>53</sub>S<sub>87</sub> + N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>45</sub>Mg<sub>17</sub>S<sub>28</sub>) снижал содержание витамина С в продукции всех сортов картофеля: Удача – на 0,8 мг%, Любава – на 2,6 мг%; Голубизна – на 1,8 мг% по сравнению с неудобренным контролем.

Однозначного ответа на вопрос – влияет ли хлор на потемнение мякоти клубней картофеля? – не получили. По сорту Удача потемнение сырой мякоти на вариантах с хлорсодержащими удобрениями в различных дозах отсутствовало (9 баллов); небольшое усиление потемнения сырой мякоти отмечено на варианте с повышенной дозой магний-, серосодержащего удобрения и на варианте его дробного внесения – до 8 и 7 баллов. Потемнение варёной мякоти полностью устранялось на всех вариантах с удобрениями; вкус повышался на вариантах со средними дозами НРК-удобрений обеих форм (до 7 баллов) и снижался (до 6,3-6,8 баллов) на вариантах с повышенными дозами удобрений обеих форм и вариантах их дробного внесения.

Таким образом, требуется продолжения исследований для того, чтобы более объективно оценить реакцию современных сортов картофеля на такие элементы минерального питания, как хлор и сера.

#### **Список литературы**

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агро-системах. – М.: МГУ, ЦИНАО, 2000. – 524 с.
2. Бусыгин В.Н. Влияние новых форм калийных удобрений в гранулированном и крупнокристаллическом виде на урожай и качество картофеля: Автореф. дис. ...к. с-х. наук. – М, 1986. – 22 с.
3. Державин Л.М., Ладонин В.Ф., Шильников И.А., Аканова Н.И. и др. Агрохимические средства в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального района нечерноземной зоны России. – М.: РАСХН, 2006. – 268 с.
4. Симаков Е.А., Анисимов Б.В. Совершенствование системы семеноводства – важнейший фактор повышения эффективности производства картофеля // Картофель и овощи. – 2009. – № 10. – С.2-6.
5. Сопильняк Н.Т. Влияние повышенных доз полного минерального удобрения при разных соотношениях основных питательных элементов (N, P, K, Ca, Mg и S) на урожай и качество картофеля на дерново-подзолистой суглинистой почве: Автореф. дисс.... к. с-х. наук. – М., 1972. – 26 с.
6. Федотова Л.С., Зеленов Н.А. Удобрение как фактор высокой продуктивности и качества картофеля / РАСХН. ВНИИА. – М.: Изд-во «С\_Принт», 2007. – 172 с.
7. Шнаар Д., Быкин А., Дрегер Д. и др. Картофель (Возделывание, уборка, хранение). 3-е издание, доработанное и дополненное. – Торжок: ООО «Вариант», 2004 – 465 с.
8. Kumar P., Pandey S.K., Singh B.P. et al. Influence of Source and Time of Potassium Application on potato growth, yield, economics and crisp quality// Potato Research. – 2007. –50. – P. 1-13.
9. Klein L. B., Chandra S., Mondy N.I. Effect of Magnesium fertilization on the Quality of Potatoes: Total nitrogen, nonprotein nitrogen, protein, aminoacids, minerals and firmness. – J. of agricultural and food chemistry, 1982, july/august, p. 754-757.
10. Wulkow A., Pawelzik E., Heckl B. Effect of calcium and boron in potato tubers (*Solanum tuberosum*) of various cultivars differing in blackspot susceptibility// Conference of European Association for potato research /Potato for a changing world: 17-th triennial Conference of European Association for potato research: abstract of papers and posters. – Brasov – 2008: 228-229.



УДК 504:678

**ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ  
РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

- © *А.А. Горячева, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *А.Н. Серёдкин, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *Р.А. Дяръкин, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*

**SECONDARY USE OF PRODUCTS OF PROCESSING  
OF RUBBER-TECHNICAL WASTE**

- © *A.A. Goryacheva, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *A.N. Seredkin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *R.A. Dyar'kin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена проблеме снижения антропогенного воздействия на окружающую среду путем комплексного использования отходов резин и их сопутствующих продуктов переработки в виде вторичных сырьевых ресурсов. Вопросы накопления, сбора, переработки и конечной утилизации резинотехнических отходов (РТО) актуальны и подлежат совместному рассмотрению и исследованию.

**Ключевые слова:** накопление, сбор, переработка, резинотехнические отходы, ресурсосбережение.

The article covers the problem of reducing the anthropogenic impact on the environment through the comprehensive use of waste rubber and related products processing in the form of secondary raw materials. Questions accumulation, collection, processing and final utilization of rubber-technical waste (RTO) are relevant subject to joint consideration and research.

**Key words:** accumulation, collection, utilization, rubber-technical waste, resource conservation.

**E-mail:** goryacheva.pgta@mail.ru; anc1961r@gmail.com; penza-ruslan@mail.ru

Реализация концепции эколого-экономического развития стран и регионов, формирование устойчивых природно-технических систем как основного фактора обеспечения экологической безопасности всех видов хозяйственной деятельности населения приобретает повсеместную актуальность. Главной из задач понижения экологической напряженности является решение проблемы утилизации техногенных отходов в материалоёмких отраслях, обеспечивающей экологическую безопасность крупнейших урбанизированных территорий. Применение техногенных отходов в качестве вторичных материальных ресурсов позволяет снизить негативное воздействие на почвенный покров, уменьшить объёмы влияния и накопления вредных веществ в окружающей среде, значительно снизить затраты на производство материалов из вторичного сырья и увеличить капиталоемкость химических отраслей промышленности. Для урбанизированных территорий в условиях увеличения промышленно-техногенной нагрузки, применение отходов в виде вторичного сырья приобретает особое значение.

Одними из наиболее распространённых техногенных отходов являются резинотехнические отходы (РТО). Динамичное использование во всём мире резинотехнических изделий влечёт за собой накопление значительных объёмов РТО. Между тем, отходы резин являются источником углеводородного сырья, кожи, текстильного материала и лома легированной стали в виде искусственных и натуральных волокон. Поэтому разработка решений в задаче вторичного использования резинотехнических отходов является востребованным аспектом ресурсосбережения [7, с. 14].

В Пензенской области динамика использования РТО, несмотря на незначительное превышение, по сравнению с их образованием находится на стабильно низком уровне. Это обусловлено отсутствием технологических процессов их переработки, перерабатывающих

организаций и нормативно-законодательной базы, регулирующей эту сферу природоохранной деятельности, рис. 1.

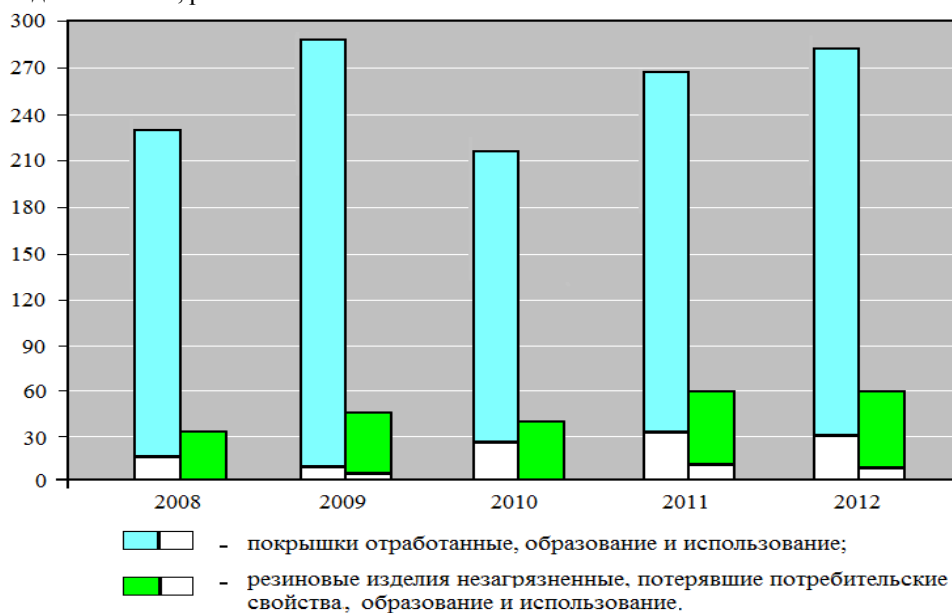


Рисунок 1 – Динамика образования и использования резинотехнических отходов в Пензенской области

Показателем качества отходов резин как вторичного материального сырья является характеристика их физико-химического постоянства на протяжении периода эксплуатации и перехода в изношенное состояние. Резинотехнические отходы представляют собой многокомпонентные материалы, обладающие редкой устойчивостью к нагрузкам повторно-переменного механического воздействия [7, с. 15].

Организация рециклинга РТО на урбанизированных территориях позволит предотвратить несанкционированное либо промышленное сжигание и размещение РТО, увеличить объемы ресурсосберегающих материалов и технологий, улучшить благоприятные условия жизнедеятельности населения.

Анализ методов переработки свидетельствует, что наиболее эффективным и менее энергозатратным является механический метод измельчения РТО, обеспечивающий раздельное извлечение компонентов переработки, таких, как резиновая крошка, металл, текстиль и кожа. Основным видом продукции, выпускаемой предприятиями-переработчиками РТО, является резиновая крошка, выход которой в процессе механической переработки достигает свыше 60%. Применение эффективного оборудования для измельчения позволяет получать высококачественную резиновую крошку с размером частиц от 0,3 до 3,5 мм. Направления использования резиновой крошки обширны [6, с. 215].

Металлические компоненты как продукты переработки РТО сдаются в качестве металлолома. При этом затраты на утилизацию РТО закладываются в стоимость резиновой крошки, без учёта извлечённого металла. Вместе с тем, металл из отходов резин является одним из наиболее прочных материалов.

По мере выхода из механического трехкаскадного измельчения предлагается выделить в отдельный размерный ряд продукты переработки РТО. Выбор базовых компонентов продуктов переработки РТО в качестве вторичных материальных ресурсов для ресурсосберегающих материалов и концепция их получения основана на следующем. Экологические требования, основанные на безопасности производства и применения продуктов переработки РТО в ресурсосберегающих технологиях, в настоящее время требуют особого внимания. Экономический аспект раскрывает целесообразность применения комплексных модифицирующих добавок категории

рентабельности производства и эффективности применения базовых компонентов продуктов переработки РТО [1, с. 966].

В качестве базовых компонентов продуктов переработки РТО предложены резиновая крошка фр. 0,5...1,2 мм; фр. 1,2 ...2,2 мм и фр. 2,2...3,2 мм; металлолом следующих геометрических характеристик  $\ell = 0,5...5,0$  мм,  $\ell = 5,0...10$  мм,  $\ell = 10...18$  мм,  $d = 0,2...1,0$  мм; текстиль  $\ell = 5...10$  мм,  $\ell = 10...20$  мм и кожа фр. 1,5...2,0 мм.

Утилизация продуктов переработки РТО предполагает использование в процессе изготовления ресурсосберегающих композиций из многокомпонентного вторичного сырья, связующих веществ, модифицирующих добавок и т.д., которые имеют свои установленные физико-химические показатели и сертификаты качества [3, с. 156].

Немаловажной особенностью в применении продуктов переработки для ресурсосберегающих технологий является необходимость оценки физико-химических характеристик используемых компонентов, воздействие применяемого сырья, в том числе вторичного, и получаемых материалов на системы окружающей среды, экологические риски при внедрении материалов в масштабное производство и прочее [2, с. 4].

Организация сбора и рециклинга резинотехнических отходов на урбанизированных территориях Пензенской области должна включать в себя комплекс мероприятий: подбор клининговых компаний; введение дифференцированных ставок оплаты финансовых средств за сдачу отходов хозяйствующими субъектами и частным сектором; подбор участков для размещения специальных площадок и контейнеров сбора РТО и т.п.

Проведение названных мероприятий должно возлагаться на органы местного самоуправления законодательно на местном уровне [5, с. 90].

На основании теоретических и экспериментальных исследований установлена возможность и обоснована целесообразность применения продуктов переработки резинотехнических отходов при производстве экологически безопасных ресурсосберегающих материалов с использованием в качестве основного сырьевого компонента вторичных материальных ресурсов, способствующих дальнейшему развитию экотехнологий в регионах России [4, с. 2].

#### **Список литературы**

1. Горячева А.А., Дярькин Р.А. Эколого-экономическая оценка утилизации резинотехнических отходов во вторичное сырье // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 10. – С. 963-967.
2. Орлецкая Л.В. Ценные вторичные ресурсы // *Рециклинг отходов*. – 2006. – № 6. С. 3-4.
3. Спирин М.Н. Теплоизоляционные материалы на основе некондиционного сырья. // *Экология – образование, наука, промышленность и здоровье. Сборник докладов IV Международной научно – практической конференции*. – Белгород: – 2011. – С. 156 – 158.
4. Чертес К.Л., Быков Д.Е., Слащук И.А. Комплексное размещение отходов промышленного мегаполиса // *Экология и промышленность России*. – 2003. – С. 2-6.
5. Шершнева М.В. Использование геозащитных свойств твердых отходов на транспорте. // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. – СПб: ПГУПС. – 2007. – № 3. – С. 87-93.
6. Шинкарев Л.И. Классификационные принципы создания агрегатов для формирования природных и техногенных материалов // *Экология – образование, наука, промышленность и здоровье. Сборник докладов IV Международной научно – практической конференции*. – Белгород: – 2011. – С. 215-219.
7. Яманина Н.С., Фролова Е.А., Филиппова О.П. и др. Утилизация отходов машиностроительных и нефтеперерабатывающих предприятий // *Экология и промышленность России*. – 2001. С. 13-15.

УДК 632.122.2

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЙ БАЛЛАСТНОГО СЛОЯ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОЛОТНА**

© *И.Ю. Крошечкина, Московский государственный университет путей сообщения  
(г. Москва, Россия)*

© *Н.И. Зубрев, Московский государственный университет путей сообщения  
(г. Москва, Россия)*

**COMPLEX ASSESSMENT POLLUTIONS OF BALLAST LAYER  
OF RAILROAD TRACKS**

© *I.Y. Kroshechkina, Moscow State University of Means of Communication (Moscow, Russia)*

© *N.I. Zubrev, Moscow State University of Means of Communication  
(Moscow, Russia)*

Проведен анализ фракционного состава отработанного балластного слоя железнодорожного полотна и загрязнения мелкой фракции щебня нефтепродуктами и тяжелыми металлами. Установлено, что к наиболее загрязненным фракциям по содержанию тяжелых металлов и нефтепродуктов относится фракция более 2 мм.

**Ключевые слова:** балластный слой, щебень, тяжелые металлы, микроорганизмы, железнодорожное полотно.

The analysis of the fractional composition of waste ballast layer of railway and pollution of small fractions of crushed stone by petroleum products and heavy metals is given. It was established that the most polluted factions on the content of heavy metals and petroleum refers fraction more than 2 mm.

**Key words:** ballast layer of crushed stone, heavy metals, bacteria, railroad tracks.

В процессе эксплуатации предприятий требования в области охраны окружающей среды должны соответствовать российскому природоохранному законодательству и основываться на принципах международного стандарта ГОСТ Р ИСО 14001, предназначенного для обеспечения организаций элементами эффективной системы управления окружающей средой, объединенных с элементами административного управления, в которую заложены следующие основные принципы: экологическая политика, планирование, внедрение и функционирование, проведение проверок и корректирующее действие, анализ со стороны руководства, постоянное улучшение. Природоохранная деятельность должна быть направлена на исключение любых возможностей нанесения прямого или косвенного вреда окружающей природе [1].

Железнодорожный путь представляет собой комплекс инженерных сооружений и устройств, образующих дорогу с направляющей рельсовой колеёй. Балластный слой для железнодорожного пути устраивается из сыпучих и хорошо проводящих воду материалов. Он должен обеспечивать устойчивость пути и обладать упругими свойствами. В качестве балласта применяется щебень, асбест, гравий, песок [2].

При хозяйственной деятельности структурных подразделений филиалов ОАО «РЖД», перевозке грузов и пассажиров происходит загрязнение земляного полотна, полосы отвода перегонов, грунта производственных территорий нефтепродуктами, солями тяжелых металлов и болезнетворными микроорганизмами [3].

При общей протяженности железных дорог в России до 90 тысяч километров с каждого километра пути при ремонте образуется 801,8 м<sup>3</sup> нефтезагрязненных отходов балластного щебня, который относится к 3 классу опасности и до настоящего момента не утилизируется [3]. Замена балластного щебня производится повсеместно на всех железных дорогах нашей страны и за рубежом в основном в процессе капитального и среднего ремонта пути. При этом отработанный балласт разделяется на щебеноперерабатывающей стационарной установке на три фракции. В результате получают щебень 25-60 мм, который используется для балансировки главного пути; щебень размером 5-20 мм, который используется для балластировки станционных и подъездных путей,

и «нетехнологичные» отходы (засоритель) размером менее 5 мм, который размещается на полигоне [4].

Известно, что щебень размером менее 5 мм в большей степени загрязнен тяжелыми металлами и нефтепродуктами [5, 6]. В связи с этим, исследование фракционного состава, степени загрязнения балластного слоя, а также вопросы его обезвреживания и рециклинга становятся наиболее актуальными.

В настоящей работе проведено исследование фракционного состава отработанного балласта, отобранного при капитальном ремонте рокадного (тупикового) участка главного пути Казанского отделения Горьковской железной дороги. Грузонапряженность участка 2,6 млн. ткм брутто/км в год, вид тяги поездов – тепловозная. На этом участке за сутки проходит 2 пары мотор-вагонных поездов с максимальной скоростью движения 100 км/ч. В соответствии с классом пути капитальный ремонт участка проводится 1 раз в 18 лет. Отработанный балласт в количестве 10 кг отсеивали на ситах с квадратными отверстиями (табл.1).

Таблица 1 – Отсеивание щебня по фракциям

d сита /мм	Вес фракции / кг	Вес фракции, %
более 70	1,2 ± 0,1	12
более 25	2,8± 0,16	28
более 20	1,2 ± 0,08	12
более 16	1,3± 0,07	13
более 5	1,4± 0,9	14
более 3	0,4± 0,01	4
более 2	0,28± 0,009	2,8
более 1	0,89± 0,05	8,9
менее 1	0,53± 0,02	5,3
итого	10	100

Из таблицы 1 видно, что отсев отработанного щебня менее 5 мм составляет 21 % от общей массы.

Оценку загрязнения мелкой фракции балластного щебня нефтепродуктами проводили в аккредитованной лаборатории ФГБУ «Центр агрономической службы «Татарский» (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в различных фракциях отработанного отсева балласта

d сита /мм	Вес фракции / кг	Содержание нефтепродуктов, мг/кг	Содержание тяжелых металлов, мг/кг						
			Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	Mn	Ni
более 5	1,4± 0,9	120	3,9	10	2,3	0,06	0,004	41	5,2
более 3	0,4± 0,01	176	6,6	13	3,6	0,09	0,011	58	7,5
более 2	0,28± 0,009	55	8,4	17	4,8	0,11	0,01	82	12,4
более 1	0,89± 0,05	169	1,1	22	6,0	0,11	0,012	90	9,3
менее 1	0,53± 0,02	50	7,6	19,8	4,4	0,1	0,01	70	12,2

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов. Опасность загрязнения тем больше, чем больше фактические уровни содержания контролируемых веществ в почве (С) превышают ПДК. То есть опасность загрязнения почвы тем выше, чем больше значение коэффициента опасности (К<sub>о</sub>) превышает 1 [6]. Также к показателям опасности относится коэффициент концентрации химического вещества (К<sub>с</sub>), который определяется отношением его реального содержания в почве (С) к фоновому (табл. 3).

Таблица 3 – Оценка уровня опасности отсева балластного щебня

d сита /мм	Вес фракции / кг	Содержание нефтепродуктов, мг/кг	Содержание тяжелых металлов, мг/кг						
			Cu	Zn	Pb	Cd	Hg	Mn	Ni
более 5	1,4± 0,9	120	3,9	10	2,3	0,06	0,004	41	5,2
более 3	0,4± 0,01	176	6,6	13	3,6	0,09	0,011	58	7,5
более 2	0,28± 0,009	55	8,4	17	4,8	0,11	0,01	82	12,4
более 1	0,89± 0,05	169	1,1	22	6,0	0,11	0,012	90	9,3
менее 1	0,53± 0,02	50	7,6	19,8	4,4	0,1	0,01	70	12,2

Анализируя полученные данные (табл.3), можно констатировать, что коэффициент опасности для всех металлов, кроме меди и никеля, не превышает 1, а коэффициент концентрации имеет превышение лишь по ртути только для фракций менее 5 мм, что говорит о невысокой степени загрязнения мелкой фракции щебня на исследуемом участке.

Для снижения платежей за размещение отсева балласта на полигоне предлагается использовать его повторно. Фракции отработанного щебня от 1 до 5 мм возможно использовать в качестве заполнителя для производства бетона либо в качестве отощителя при производстве кирпичей, а фракцию менее 1 мм – для получения композитных растворов, применяемых при транспортном строительстве [7, 8].

Таким образом, отработанный балласт можно полностью использовать повторно и тем самым исключить его размещение на уже переполненных полигонах. Однако следует отметить, что на участках железных дорог с интенсивным движением отсев щебеночного балласта менее 5 мм имеет более высокую загрязненность тяжелыми металлами и нефтепродуктами [6]. Поэтому исследования по рециклингу такого вида отходов требуют продолжения.

#### Список литературы

1. Медведева В.М., Зубрев Н.И. Организация природоохранной работы на предприятиях железнодорожного транспорта. – М.: Маршрут, 2012.
2. Крейнис З.Л., Федоров И.В. Железнодорожный путь. Учебник для техникумов и колледжей ж.д. транспорта. М.: ИГ «Вариант» 1999г., 368 с.
3. Корпоративный социальный отчет за 2007 г. // ОАО Российские железные дороги.
4. Отчет по паспортизации отхода «Отработанный щебень мелкой фракции (отсев)» в структурных подразделениях Центральной дирекции по ремонту пути - филиала ОАО "РЖД", МИИТ РОАТ, Москва 2012.
5. Теплякова Е.А., Бельков В.М. Загрязнение земель инфраструктуры // Путь и путевое хозяйство. – 2013. – № 7. – С.2-4.
6. Зубрев Н.И., Журавлева М.А. Предотвращение загрязнения биосферы тяжелыми металлами при эксплуатации высокоскоростного транспорта: монография. – М.: ФГБ ОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 272 с.
7. Устинова М.В. Разработка технологии композитных цементно-бентонитовых систем с добавкой золы от сжигания шпал и применение их при строительстве и эксплуатации объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта /Автореферат дис.кан.тех.н. – М.: МИИТ, 2012. – 20с.
8. Комплексные технологии утилизации отходов железнодорожного транспорта: Учебное пособие для вузов ж.д. транспорта / Л.Б. Сватовская [и др.]; под ред. Л.Б. Сватовской. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. – 190 с.

УДК 630\*83:631.95

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО  
ПРОИЗВОДСТВА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

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

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

**THE USE OF WASTE OF WOODWORKING MACHINERY OF PRODUCTION  
IN AGRICULTURE**

© *E.G. Kulikova, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)*

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

В статье на примере одного из предприятий по деревопереработке (фанерного завода) рассмотрена возможность утилизации образующихся отходов путем сжигания. Образующийся древесный зольный остаток является ценным удобрением, который можно успешно использовать в сельском хозяйстве. Проанализирована динамика изменения агрохимических свойств почвы при длительном внесении золы, произведен расчет доз под культуры севооборота. Особое внимание уделено экологической безопасности отходов: содержанию фенолов, формальдегидов, тяжелых металлов и их биодеструкция микроорганизмами. Кроме того, рассмотрена альтернатива использования опилок в грибоводстве.

**Ключевые слова:** отходы деревопереработки, опилки, древесная зола, изменение свойств почвы, фенолы, тяжелые металлы, биодеструкторы, грибоводство, вешенка лимонношляпковая.

In the article on the example of one of the enterprises on wood processing (plywood factory) consider recycling of waste by incineration. Produced wood ash is a valuable fertilizer that can be used successfully in agriculture. The dynamics of the change of agrochemical soil properties at long introduction ash, calculation of doses under crops. Special attention is given to environmental waste safety: content of phenols, formaldehyde, heavy metals and their biological destruction of microorganisms. Besides, there is an alternative to the use of sawdust in mushroom growing.

**Key words:** waste wood, sawdust, wood ash, change the properties of the soil, phenols, heavy metals, biological destructors, the mushroom, *Pleurotus citrinopileatus*.

**E-mail:** kuleg@mail.ru; s\_sharkova@mail.ru

Функционирование предприятий деревообрабатывающей промышленности сопровождается образованием многотоннажных отходов, что является экологическим балластом предприятия. Не находя практического применения, отходы в основном вывозятся на полигоны хранения ТБО, что приводит к загрязнению окружающей среды, нерациональному использованию природных ресурсов, и лишь часть их используются в качестве топлива.

Одним из таких предприятий на территории Пензенской области является Н-Ломовский фанерный завод, занимающийся выпуском огнезащищенной атмосферобистойкой фанеры. Завод не имеет специализированных и прочих мест захоронения отходов, предусматривается лишь временное накопление образующихся на площадках отходов с минимальным периодом накопления и с последующей утилизацией или захоронением на свалке МУП ЖКХ Н. Ломов, что сопряжено со значительными финансовыми затратами [1, 2, 8].

Целью данной работы является разработка конкретных практических природоохранных мероприятий, направленных на снижение уровня техногенного воздействия на окружающую среду в части снижения образования отходов фанерного производства и их использования в аграрном производстве.

Технология производства фанеры с древности имеет принципиальный недостаток и заключался в том, что в отходы уходит больше древесины, чем на само изделие. Образующиеся отходы состоят в основном из березовых опилок, содержащих в своем составе значительное количество целлюлозы и лигнина, являются источником гумусообразования, а также значительного количества биогенных элементов, служащих потенциальным источником элементов минерального питания для растений [2].

А само производство трудногорючей фанеры осуществляется с использованием фенолоформальдегидных смол (применяющихся также при создании защитных оболочек в гранулированных удобрениях) и антипиренов типа диаммонийфосфата. Поэтому и вопросы утилизации отходов данного производства весьма актуальны.

На основании экспериментальных данных, проведенных исследований Всероссийским научным институтом агрохимии, и рекомендаций по использованию антропогенных вторичных ресурсов в качестве удобрений на предприятии было разработано мероприятие по утилизации отходов фанерного производства в этом качестве – как органоминеральное длительно действующее удобрение (УОМДД) [10]. Использование его в полевых опытах показало увеличение урожайности пшеницы на 37-44%, картофеля на 100%, конопли и льна на 50%; улучшение качества продукции; повышение плодородия почвы; снижение расхода минеральных удобрений промышленного производства на 40-60%; снижение расходов на обработку почвы, борьбу с сорняками и вредителями и пр. Действие УОМДД сохранялось в течение 3-4-х лет, а влияние на структуру почвы – 5-7 лет [9].

Использование опилок от производства негорючей фанеры в дозах, эквивалентных  $N_{300}P_{600}-N_{400}P_{800}$ , обеспечивало улучшение гумусного состояния чернозема выщелоченного: возрастало содержание гумуса на 0,12-0,22 % по сравнению с исходным уровнем, повышалось содержание гуматов кальция, существенно (на 72-167%) увеличивалось содержание лабильных гумусовых компонентов, играющих роль в регулировании биологической активности почвы. Также внесение опилок способствовало росту продуктивности полевого севооборота с 2,62-2,85 т/га з.е. до 2,96-3,57 т/га з.е., или на 13-29 %. Учитывая дороговизну последних и необходимость поддержания положительного баланса органического вещества почвы, применение отходов негорючей фанеры представляло несомненную целесообразность [9].

Однако процесс изготовления УОМДД оказался экономически нецелесообразным для предприятия, поскольку завод не занимается выращиванием сельхозпродукции, и нет возможности использования данного удобрения. Поэтому в настоящее время отходы фанерного производства вновь вывозятся на полигон ТБО, что приводит к загрязнению окружающей среды и нерациональному использованию природных ресурсов.

Отходы переработки чистой древесины используются на предприятии, в основном в качестве топлива в зимний период, что приводит в свою очередь к образованию золы и составляет ежегодно около 600т. Образующийся зольный остаток вывозится на арендованное заводом поле с низкими агрохимическими показателями и заделывается в почву.

Использование древесного зольного остатка в нашей стране в промышленных масштабах является малораспространенным способом повышения плодородия почвы и имеет место в основном в личных подсобных хозяйствах. Между тем это ценное калийно-фосфорное удобрение, содержащее около 30 микроэлементов (табл.1), способное за счет входящей в ее состав извести подщелачивать почву, что для нашей области является весьма актуальным.

Таблица 1 – Состав древесной золы, полученной при сжигании нетоксичных отходов

№ п/п	Наименование ингредиентов	Предельные значения, мг/кг	Содержание, мг\кг	Содержание, %
1	Влажность	-	-	58,31
2	Органическая часть	-	-	16,35
3	Минеральная часть (зольность)	-	-	25,34
4	Хром общий	-	0,59	0,000006
5	Цинк	1000-4000	285,74	0,0285
6	Медь	250-1000	13,85	0,0014
7	Никель	30-100	2,58	0,0003
8	Марганец	-	2618,47	0,2618
9	Железо общее	-	1677,87	0,1678
10	Свинец	120-250	1,05	0,0001
11	Кадмий	0,8-5	0,38	0,00004
12	Ртуть	0,8	0,12	0,00001
13	Мышьяк	-	0,38	0,00004



Содержание золы в древесных остатках березы, преимущественно используемой в производстве фанеры, составляет около 2,5 %. Основную часть твердой фазы золы составляют минеральные вещества (25,34%), на долю органической приходится 16,35%. Зольность в основном представлена соединениями кальция, калия, фосфора, магния и натрия. Высокая влажность золы объясняется условиями ее хранения. Состав сухого зольного остатка древесины березы: калий – 13,3; известь – 36,3; магний – 5,4; фосфор – 7,1. Соответственно в минеральной части данного зольного остатка содержится фосфора 2,9%, калия 5,5%. Азот в процессе горения окисляется и почти полностью уходит вместе с газообразными продуктами. На долю тяжелых металлов приходится 0,46%.

Зольный остаток, вывозимый на арендованное заводом поле, заделывался в почву с 2002 года в количестве 2,76-2,82 т/га в год. Данные исследования почв агрохимической лабораторией до и после внесения зольного остатка приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение агрохимических свойств почвы при внесении древесной

золы

Показатели	2002 год	2007 год	2010 год
N щелочногидр., мг/кг	46,8	58,9	63,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	19,2	400	616
K <sub>2</sub> O, мг/кг	77	157	500
pH <sub>KCl</sub>	4,9	5,6	5,75
Органическое вещество, %	1,6	3,1	5,7
Hг, мг-экв/100 г	2,25	3,11	3,82
Сумма поглощенных оснований, мг-экв/100г	19,0	23,4	31,4

Анализ данных показывает, что до внесения золы степень обеспеченности почвы основными элементами питания и гумусом была очень низкой. В результате внесения золы количество фосфора увеличилось в 32, калия – в 6,5, органического вещества – в 3,5, суммы поглощенных оснований – в 1,6 раза. Количество щелочногидролизующего азота в почве снизилось в 1,3 раза. Однако, по данным исследования агрохимической лаборатории, содержание фосфора более 800 мг/кг может вызвать зафосфачивание почвы, поэтому дальнейшее внесение золы является нецелесообразным, в свою очередь, это может вызвать накопление тяжелых металлов в количествах, превышающих ОДК.

Для более полной характеристики данной почвы нами было проведено исследование её на фитотоксичность с определением энергии прорастания, лабораторной всхожести и силы роста семян льна и яровой пшеницы [3]. Результаты наших исследований показали, что почва не только не снижала исследуемые показатели, но наоборот, увеличивала энергию прорастания на 5-12,6 %, лабораторную всхожесть на 4,3-11,4%, количество здоровых проростков на 10,2-10,5 %, массу 100 проростков на 16,5-35,7%. При этом лучшие результаты показал лен масличный.

Таким образом, данное поле с внесенным зольным остатком можно использовать для выращивания льна на волокно или семена в севообороте. Под данную культуру рекомендуется внесение древесной золы из расчета 1ц на каждый центнер волокна. После льна можно размещать пшеницу, картофель, свеклу, ячмень. После льна и ячменя целесообразно возделывание промежуточных культур на корм или удобрение. Расчет доз золы под культуры одного из используемых в районе севооборотов проводили по нормативу затрат питательных веществ на создание планируемого урожая, при площади озимой пшеницы 9265 га, картофеля – 75, ячменя – 1017, гороха – 475, яровой пшеницы – 3365 и подсолнечника – 214 га (табл. 3) [4].

Таблица 3 – Расчет доз золы под культуры севооборота

Культуры	планируемая урожайность, т/га	норматив затрат питательного в-ва, кг/га д.в.	поправочный коэф. на класс почвы	доза питательного вещества, кг/га	расчетная доза золы, т/га	доза золы под культуры севооборота, т
Чистый пар	-	-	-	-	-	-
Озимая пшеница	4,0	23	1	92	3,2	-
Картофель	40,0	4,6		184	6,3	472
Ячмень	3,0	20		60	2,1	-
Горох	2,0	23		46	1,6	-
Яровая пшеница	3,0	28		84	2,9	-
Подсолнечник	2,0	18,6		37,2	0,7	150

Расчеты показали, что в условиях данного севооборота наибольшие дозы влажной золы можно вносить под картофель – 6,3 т/га, озимую и яровую пшеницу -3,2 и 2,9 т/га соответственно. Последствие ее в почве длится в течение 2 - 4 лет. Поэтому в данном севообороте рекомендуется вносить золу под картофель и подсолнечник в количестве 472 и 150 т соответственно под основную обработку почвы. Золу не рекомендуется смешивать с азотными удобрениями, навозом и птичьим пометом, т.к. теряется до половины азота удобрений.

Также зольный остаток нейтрализует кислые почвы, внесенный с осени – увеличивает количество фосфора и таким образом повышает холодостойкость культур. Щелочность золы создает своеобразный кислотный удар по сорнякам (особенно звездчатке, пырею, хвощу), создавая неприемлемые для них условия существования, поэтому можно рекомендовать применение золы и под пар. Данный участок можно также использовать для производства картофеля, который выдерживает бессменное возделывание.

Но при использовании сухой золы без предварительной обработки возможно пылеобразование, поэтому необходимо обеспечить ее стабилизацию, что облегчит транспортировку, внесение в почву и обеспечит требуемые щелочные свойства переработанного материала. Медленный процесс выделения веществ из стабилизированной золы исключает резкое изменение уровня pH и содержания соли в почве. В некоторых случаях золу рекомендуется повторно сжигать, чтобы уменьшить содержание несгоревшего углерода и содержание тяжелых металлов в золе [11].

Для стабилизации золы в неё добавляют воду, которая способствует медленной реакции с двуокисью углерода в воздухе, при этом меняется ее химический состав, образуя менее растворимую форму. После смешивания с водой происходит агломерация золы. В литературных источниках приведены результаты исследования по изучению трех методов агломерации золы после ее смешивания с водой – самоотверждение, гранулирование и таблетирование [11].

Конечно, с экологической точки зрения, использование золы привлекательно только в отношении химически необработанных видов биотоплива. Предельные количественные показатели для использования золы на сельскохозяйственных землях и пастбищах рассчитываются на основании содержания тяжелых металлов в золе. Если их содержание ниже предельного значения, указанного в руководящем документе, количество золы можно увеличивать [11].

По данным агрохимической лаборатории, по содержанию тяжелых металлов в почве (поля заделывания золы) показано, что за 8 лет при внесении золы произошло накопление их количества, особенно марганца до 0,9 ОДК, и дальнейшее внесение на данном участке древесного зольного остатка небезопасно с экологической точки зрения (табл. 4).

Таблица 4 – Динамика накопления тяжелых металлов в почве при внесении древесной золы

Показатели	2007 год	2010 год	ОДК
Цинк, мг/кг	21,9	50,7	220
Медь, мг/кг	5,88	13,5	132
Никель, мг/кг	9,29	26,4	80
Марганец, мг/кг	913,1	1376	1500
Железо общее, мг/кг	10085,46	10282,0	25000
Свинец, мг/кг	4,46	14,2	130
Кадмий, мг/кг	0,11	0,65	2,0
Ртуть, мг/кг	0,11	0,16	1,0
Мышьяк, мг/кг	2,15	2,65	10

Ввиду высокого содержания Са и Мп в золе, получаемой при сжигании древесины и коры, эффект от использования древесной золы в качестве удобрения будет таким же, как при известковании почвы (аналогичное отношение СаО/СаСО<sub>3</sub>, высокое значение рН в древесной золе). Большие размеры частиц древесной золы снижают ее агрессивное воздействие, по сравнению с известью. По этой причине использование древесной золы рекомендовано для лесных почв, где желательно увеличение значения рН.

Кроме существующей технологии утилизации золы, предприятию можно предложить относительно простую и дешевую переработку ее в поташ, известный людям ещё с древности, до XX века в Европе бывший одним из важнейших промышленных химических реагентов. Общий ход получения поташа из золы состоит в том, что сначала водой выщелачивают растворимые соли, содержащиеся в золе, полученный щелок выпаривают и затем сырой поташ прокачивают. Из древесины березы, сосны, ели получают менее 1% чистой золы (не содержащей угля). Вообще древесина содержит меньше минеральных солей, нежели кора деревьев и травянистые растения. Выжженная зола содержит щелочи до 18,6 % (K<sub>2</sub>O), извести (СаО) – до 49,80 %, магнезии (MgO) – до 10,80 %, углекислоты (СО<sub>2</sub>) – до 30,10 %, серной кислоты (SO<sub>3</sub>) – до 4,96 %. Остальные составные части заключаются в небольших количествах закиси марганца (MnO), окиси железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), глинозема (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и кремнезема (SiO<sub>2</sub>) [5]. Обычно поташ загрязнён различными примесями, поэтому не имеет такого чисто-белого цвета, как измельчённый карбонат калия.

Калий углекислый (поташ) применяется в строительстве как противоморозная добавка, в производстве сукна, выделке кож, для изготовления мыла и красок, при производстве тугоплавкого стекла и хрусталя, в качестве удобрения, зарегистрирован также в качестве пищевой добавки E501.

В качестве еще одного из способов использования отходов фанерного производства опилки рассматривались как потенциальный источник элементов минерального питания для роста грибов, поскольку они содержат значительное количество целлюлозы и лигнина. При выращивании в лабораторных условиях на опилках предприятия вешенки лимонношляпковой (*Pleurotus citrinopileatus*) была обнаружена высокая скорость колонизации субстрата. Средняя урожайность составила 130-140 г свежих грибов с 1 кг субстрата с влажностью 70-75 %. Это направление является не только одним из способов утилизации отходов, но и может принести предприятию значительный доход.

Но на фанерном заводе тем не менее остается открытым вопрос с утилизацией отходов огнезащитной фанеры, и одним из возможных путей является использование дереворазрушающих грибов, например *L. Tigrinus*. При культивировании культуры гриба *L. tigrinus* в присутствии органических растворителей и экзогенных липидов возможно сокращение сроков биодеструкции фенола и биомодификации отходов древесины, что расширяет возможности использования данной технологии в очистке окружающей среды от фенолов.

В механизмы деструкции лигнина дереворазрушающими грибами с участием лигнолитических ферментов вовлекаются липиды и их метаболиты. Можно предполо-

жить следующий механизм участия липидов в процессах деструкции субстрата: на поверхности субстрата (древесины) или в присутствии ксенобиотиков фенольной природы происходит активация ФЛ А<sub>2</sub>, вследствие чего в примичеселлиальный слой выделяется большое количество жирных кислот. Под действием липооксигеназ и активных форм кислорода происходит образование перекисных радикалов липидов, которые нейтрализуют (окисляют) присутствующие в древесине ароматические соединения – ингибиторы роста грибов, в том числе лигнин. Одновременно мицелий гриба секретирует во внеклеточную среду ферменты лигнолитического комплекса. Все это приводит к снятию барьера, обусловленного ароматическими соединениями (смолами), и/или повышению доступности последних воздействию ферментов лигнолитического комплекса [7].

Вместе с тем, анализ работ по проблеме утилизации синтетических соединений, в том числе и фенолсодержащих, показывает, что, несмотря на то, что современный этап исследований биологического воздействия на хлорированные производные характеризуется выраженным практическим интересом к изучению микроорганизмов-деструкторов, число изученных бактериальных культур ограничено. Данные, раскрывающие особенности биологической конверсии фенола и его производных, чаще всего касаются представителей рода *Pseudomonas*, несколько меньше известно о представителях родов *Rhodococcus*, *Arthrobacter*, *Bacillus* и *Sphingomonas*. Деструкторами хлорфеноксикикислот также являются представители родов бактерий *Agrobacterium*, *Achromobacter*, *Citrobacter*, *Gluconobacter*, *Raoultella*, *Serratia*, *Stenotrophomonas* и *Xanthomonas*, выполняющие оригинальные реакции ассимиляции хлорфеноксикикислот с образованием феноксиуксусной кислоты с последующим раскрытием ароматического кольца [6]. Вообще, вопрос о биодеструкции фенолсодержащих отходов бактериями и особенно грибами является малоизученным и перспективным.

Таким образом, Н-Ломовский фанерный завод, занимающийся производством огнезащитной атмосферобиостойкой фанеры, может решить проблему утилизации отходов, в том числе и токсичных, в нескольких направлениях, получив при этом, кроме того, значительную экономическую выгоду.

#### **Список литературы**

1. Ефремова С.Ю., Шарков Т.А. Эффективность системы управления антропогенным воздействием на окружающую среду на предприятии // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*: Научно-методический журнал. – 2011. – № 01(01). – Пенза, 2011. – С. 154–158.
2. Ефремова С.Ю., Шарков Т.А., Лукьянец О.В. Аспекты создания эффективной системы управления антропогенным воздействием на окружающую среду на предприятии // *Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского*. – 2011. – № 25. – Пенза, 2011. – С. 572–575.
3. Куликова Е.Г. Изучение фитотоксичности почв городских экосистем // *«XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*: Научно-методический журнал. – Пенза, 2011. – С. 88-91.
4. Лебедева Т.Б., Власова Т. А. Система удобрений: методические указания для выполнения курсовой работы. – Пенза: РИО ПГСХА, 2011. – 110 с.
5. Лукьянов, П.М. История химических промыслов и химической промышленности России. Т. II. – М. – Л., 1949. – 370 с.
6. Маркушева Т.В. Бактерии-деструкторы фенола и его хлорированных производных: Автореф. дис ... доктора биологических наук. – Уфа, 2011. – 45 с.
7. Паршин А.А. и др. Деструкция фенола грибом «белой гнили» *Lentinus tigrinus* / А.А. Паршин О.С. Надежина, Д.А. Кадималиев, Н.А. Атыкян // *Современная микология в России: Материалы 2 - го съезда микологов России*. – Москва, 2008. – С. 37.
8. Проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение для ОАО Фанерный завод «Власть труда». – Пенза: ЦЛАТИ, 2008. – 128 с.
9. Сибримов Н.И. Экологические аспекты утилизации отходов производства негорючей фанеры: Автореф. дис. ... канд. биол. н. – Саратов: СГАУ, 2005. – 24 с.

10. Сибримов Н.И. Влияние отходов производства фанеры на агрофизические свойства чернозема выщелоченного // *Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы. Материалы 2-ой Международной научно-практической конференции.* – Пенза, 2004. – С. 38.
11. Вильдобахер Н. Утилизация золы котельных, работающих на древесном топливе. – Минск, 2007. – С. 28.

**УДК: 661.214.2; 502.3**  
**ББК 2.1**

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ  
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ КОМПОЗИТОВ**

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

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

**RATIONALE WASTE RECYCLING TECHNOLOGIES PETROLEUM INDUSTRY  
IN PRODUCTION OF ENVIRONMENTALLY  
FRIENDLY COMPOSITES**

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

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

В статье оцениваются возможность и перспективы утилизации некоторых отходов нефтепереработки (нефтешламов, окалины, отходов кислых смол и дегтей и пр.) при изготовлении экологически чистых композитов.

**Ключевые слова:** экология, отходы, нефтешламы, переработка нефти, композиционные материалы.

The paper evaluated the possibility and prospects of some refinery waste disposal (sludge, scale, waste acid tars and resins, etc.) in the manufacture of environmentally friendly composites.

**Key words:** ecology, waste, oil sludge, oil processing, composite materials.

Нефтесодержащие отходы образуются на всех этапах добычи и переработки нефти, что обусловлено как несовершенством техники и технологии, так и человеческим фактором. Нефтешламы и замазученные грунты являются наиболее крупнотоннажными промышленными отходами, оказывающими существенное негативное воздействие на окружающую природную среду (ОПС). Повышение эффективности обращения с нефтесодержащими отходами требует совершенствования методик определения их класса опасности – основного показателя, позволяющего оценивать негативное воздействие на окружающую природную среду. Отнесение отходов к классу опасности для ОПС может осуществляться по расчетной или экспериментальной методике. Практика показала, что очень часто классы опасности нефтесодержащих отходов, определенные разными способами, не совпадают. Причем расчетная оценка занижает результат по сравнению с биотестированием. Учитывая, что для определения класса опасности отходов чаще применяется именно расчетная методика, это приводит как к недооценке вредного воздействия отходов, так и к занижению экологических платежей. Очевидно, что необходимо усовершенствовать существующую расчетную методику оценки класса опасности для нефтесодержащих отходов с целью достоверного определения этого показателя, отвечающего результатам биотестирования [1].

Для снижения класса опасности нефтесодержащих отходов все более широкое применение в нашей стране и за рубежом находят биологические методы переработки как одни из самых экологически эффективных. Однако далеко не всегда продукты пе-

переработки нефтесодержащих отходов находят квалифицированное использование. Поэтому актуальным является усовершенствование способа переработки нефтесодержащих отходов в части осуществления эколого-аналитического контроля снижения класса опасности утилизируемых отходов и получения рекультивационных материалов с высокими потребительскими свойствами [2].

Нефтесодержащие отходы образуются при строительстве нефтяных скважин, при промышленной эксплуатации месторождений, очистке сточных вод, содержащих нефтепродукты, чистке резервуаров и другого оборудования и т.д. Эти отходы оказывают существенное негативное воздействие на почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, вызывают сильные и необратимые повреждения природных биоценозов.

Основным показателем, позволяющим оценивать негативное воздействие отходов, является класс опасности. Существующий метод определения класса опасности отходов в условиях отсутствия многих значений параметров токсикометрии компонентов является скорее оценочным, чем точным. Поэтому классы опасности нефтешламов и замазученных грунтов, определенные по расчетной и экспериментальной методикам, часто не совпадают. Учитывая, что биотестирование является более достоверным способом, необходимо внести определенные изменения в расчет показателя степени опасности нефтесодержащих отходов, основываясь на сопоставлении значений классов опасности, определенных различными методиками, с целью устранения указанных выше противоречий.

Для снижения негативного воздействия нефтесодержащих отходов в настоящее время разработано много методов их переработки и обезвреживания. Особого внимания заслуживают биологические методы как наиболее экологически приемлемые. Эти методы основываются на способности микроорганизмов перерабатывать углеводороды и другие компоненты нефти посредством биохимических реакций, в ходе которых происходит расщепление, минерализация и частичная гумификация компонентов загрязненной почвенной системы. После биологического обезвреживания замазученных грунтов и нефтешламов образуется большое количество почвогрунта. Желательно, чтобы он характеризовался высокими потребительскими свойствами. Следовательно, для дальнейшего использования очищенного грунта в рекультивационных работах и сельском хозяйстве необходимо, чтобы он обладал высоким содержанием гумуса и низким содержанием нефтепродуктов [3].

Учитывая вышесказанное, актуальным является усовершенствование способа утилизации нефтесодержащих отходов, основанного на научно обоснованной и экономически целесообразной технологии их утилизации при производстве экологически чистых композиционных материалов.

Базовым материалом для прогнозирования перечня концентрационно значимых компонентов является история происхождения отхода. Основным компонентом нефтесодержащих отходов является нефть – смесь органических соединений сложного состава, в котором обнаружено более 450 различных веществ, в основном парафиновые, нафтеновые, ароматические углеводороды. При образовании нефтешламов в условиях окружающей среды, как правило, легкие бензиновые фракции испаряются, а в почвах остается дизельная фракция более тяжелых соединений. Под дизельной фракцией мы понимаем смесь веществ нефтяного происхождения с температурой кипения 160-360 °С. Углеводородная составляющая нефти включает в себя также смолы, асфальтены и карбоиды [4].

В нефти в значительных количествах присутствуют соединения серы, вода и минеральные соли (в основном хлориды). Водно-солевая фаза нефтешламов представляет собой, как правило, добываемую совместно с нефтью пластовую воду, разбавленную атмосферными осадками. Таким образом, в нефтесодержащих отходах будут присутствовать соли главных катионов и анионов, содержащиеся в пластовой воде или природных водах, в основном хлориды и сульфаты натрия.

Наличие минеральных солей в виде кристаллов и раствора в воде приводит к усиленной коррозии металла оборудования и трубопроводов при контакте с нефтью и пластовой жидкостью, а значит, в составе этих отходов будут находиться окислы и гидроксиды железа. В составе любого нефтесодержащего отхода в ре-

зультате неизбежного перемешивания нефти и нефтепродуктов с почвами также будет присутствовать грунт.

Конечно, химический состав нефтешламов и замазученных грунтов гораздо шире и разнообразнее приведенного выше перечня компонентов. Так, эти отходы содержат широкий спектр металлов и их соединений. Однако уровень значимости концентраций микрокомпонентов для определения класса опасности для ОПС очень низок. Например, по литературным данным, концентрация кадмия в нефтешламах составляет до 0,3 мг/кг [4]. Несмотря на то, что этот металл имеет высокий коэффициент степени опасности, что говорит о его высокой токсичности, при расчете класса опасности отхода вклад этого компонента в показатель степени опасности нефтесодержащих отходов очень низок из-за чрезвычайно малой концентрации. Поэтому учет концентрации металлов, таких, как кадмий, никель, ванадий и др., практически не приводит к изменению расчетных величин степени опасности и, соответственно, значения класса опасности нефтесодержащих отходов. Следовательно, проводить дорогостоящие и трудозатратные работы по определению концентраций микрокомпонентов для оценки класса опасности нефтесодержащих отходов практически нецелесообразно [4].

Были исследованы образцы нефтяных шламов различного вида и происхождения (образцы НШ-1 и НШ-2), изучены фазовый состав, рН водной вытяжки (таблица 1), наличие в образцах тяжелых металлов, серы, эмиссия загрязнений в водную среду.

Таблица 1 – Характеристика образцов нефтяных шламов [5, 6]

Образец НШ	Физико-химическая характеристика		Фазовый состав, % масс			рН водной вытяжки
	Внешний вид	плотность, г/см <sup>3</sup>	вода	механические примеси	органические вещества	
1	густая вязкая масса черного цвета	1,415	28,2	33,6	38,2	7,56
2	жидкая масса черно-коричневого цвета	1,076	49,0	28,4	22,6	7,93

При определении экологической опасности нефтесодержащих отходов методом атомно-абсорбционного анализа установлено превышение допустимых по ГН 2041-06 норм для тяжелых металлов: Ni, Zn, Cu, Pb в образце НШ-1 и Ni, Zn, Cu в образце НШ-2. Содержание серы в образцах НШ-1 и 2 составляет 0,74 и 0,86 % масс соответственно. С учетом состава ЗВ расчетным методом установлен 3 класс опасности НШ [5].

Для выявления эмиссии загрязняющих веществ в водную среду из НШ применяли методику на основе тонкослойной хроматографии (ТСХ) с использованием денситометра Sorbfil и программного обеспечения версии 2.0 [6]. Концентрацию веществ в водной вытяжке определяли методом абсолютной калибровки с внешним стандартом – экстрактом ЗВ из отхода. Установлено, что концентрации ЗВ в водной вытяжке образцов нефтяного шлама составляют для НШ-1 – (2,23±0,03) мг/л, для НШ-2 – (2,62±0,02) мг/л, которые превышают ПДК<sub>р.х.</sub> нефтепродуктов, равное 0,05 мг/л, в 44,7 и 52,4 раза соответственно. Результаты ТСХ по эмиссии загрязняющих веществ и расчета класса опасности позволяют говорить об экологической опасности нефтяных шламов и необходимости их обезвреживания и утилизации.

В состав композиционных материалов входят связующее, наполнитель, заполнители и модифицирующие добавки. В качестве вяжущего вещества в композитах используют различные связующие органического или минерального происхождения, а также отходы различных производств. В качестве наполнителей и заполнителей используют природные и искусственные материалы с соответствующей крупностью зерен. Для регулирования свойств композитов на стадии приготовления, а также для получения высококачественных материалов со стабильными во времени свойствами в состав композиций вводят различные модифицирующие добавки.

Основные физико-технические свойства композиционных материалов в значительной мере зависят от количества, вида и природы наполнителей. Роль наполнителей весьма многообразна. Они могут существенно изменять свойства материалов – упрочнять, армировать, уплотнять, стабилизировать, изменять твердость и т.д. В качестве наполнителей применяют высокодисперсные порошки минералов, горных пород и искусственных материалов: андезит, бой кирпича, гипс, глину различного минералогического состава, графит, диабаз, доломит, известняк, кварц, маршалит, мрамор, слюду, тальк, трепел, шамот и другие. Кроме того, используют различные органические и неорганические волокна: асбестовое, нейлоновое, полиметафосфатное, полипропиленовое, полиэтилентерефталевое, полиэфирное, металлическое волокно, стекловолокно и другие. Заполнители занимают в композите до 80% объема и оказывают существенное влияние на его свойства, долговечность и стоимость. Введение наполнителей в композит позволяет значительно сократить расход связующего (до 10...15% по массе). Кроме того, наполнители улучшают многие технические свойства композитов.

Из вышесказанного следует, что отходы нефтепереработки являются многотоннажными токсичными отходами, требующими обязательной утилизации и представляющими сами по себе очень разнообразными и сложные системы. Однако с точки зрения композиционного материаловедения данные отходы являются хорошо совместимыми и эффективными компонентами композиционных материалов, уже прошедших предварительную обработку различными модификаторами, аппретами, пластификаторами и поверхностно-активными веществами.

Данный факт позволяют сделать вывод о возможности их совместной утилизации и получении на их основе эффективных экологически чистых композитов с рядом ценных эксплуатационных свойств.

#### **Список литературы**

1. *Ермаков В.В. Определение класса опасности нефтешламов / В.В. Ермаков, А.Н. Сухонослова, Д.Е. Быков, Д.А. Пирожков // Экология и промышленность России.– М., 2008. – Июль. – С.14-16.*
2. *Бормотов А.Н., Колобова Е.А. Утилизация серы как отхода переработки нефти при изготовлении радиационно-защитных композиционных материалов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2012. – № 2. – С. 200-206.*
3. *Сухонослова А.Н. Очистка почвы от нефтяного загрязнения / А.Н. Сухонослова, В.А. Бурлака, Д.Е. Быков, И.В. Бурлака, Н.В. Бурлака // Экология и промышленность России. – М., 2009. – Октябрь.– С. 18-20.*
4. *Сухонослова А.Н. Совершенствование оценки класса опасности нефтесодержащих отходов и способа их обезвреживания: Автореф. дисс.... канд. техн. наук. – Уфа, 2009. – 20 с.*
5. *Кононенко Е. А. Альтернативные пути получения углеводородных энергоносителей / Кононенко Е.А., Косулина Т.П., Цокур О.С., Гапоненко А.М. // Альтернативная энергетика и экология. – 2011. – № 12. – С. 104-111.*
6. *Косулина Т.П., Кононенко Е.А., Цокур О.С. Утилизация нефтяных шламов реакгентным методом и использование продуктов утилизации в качестве вторичных материальных ресурсов // Альтернативная энергетика и экология. – 2012. – № 2. – С. 187-192.*



УДК 504.16-336.77

**БИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

© *И.Б. Джакупова, Алматинский технологический университет  
(г. Алматы, Казахстан)*

© *Г.С. Султангазиева, Алматинский технологический университет  
(г. Алматы, Казахстан)*

© *А.Ж. Божбанов, Алматинский технологический университет  
(г. Алматы, Казахстан)*

**METHOD OF BIOLOGICAL SEWAGE TREATMENT**

© *I.B. Dgakupova, Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan)*

© *G.S. Sultangaziyeva, Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan)*

© *A.Z. Bozhbanov, Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan)*

Антропогенное влияние на биосферу и неблагоприятные последствия загрязнения выходят за пределы локального воздействия, приобретая региональный и даже глобальный характер. Огромная угроза для всего человечества заключается в загрязнении водоемов. Синтетические органические вещества, ионы тяжелых металлов, аккумулируясь в тканях, оказывают отрицательное воздействие на репродуктивные процессы гидробионтов. Это влияние загрязнения находит свое реальное выражение в прогрессирующей эвтрофикации водоемов, накоплении химических токсикантов в разных средах, в снижении экологической продуктивности водных экосистем. Создается угроза нарушения экологического равновесия в природе, опасность которого трудно переоценить. Поэтому перед человечеством встает грандиозная задача охраны гидросферы.

**Ключевые слова:** Эйхорния, сточные воды, водоемы, очистка воды, тяжелые металлы, загрязнение.

Anthropogenic influence on a biosphere and unfavorable consequences of contamination go out outside local influence, acquiring regional and even global character. An enormous threat for all humanity consists in contamination of reservoirs. Synthetic organic substances, ions of heavy metals, accumulated in fabrics, render the negative affecting reproductive processes of aquatic lives. This influence of contamination finds the real expression in the making progress eutrophication of reservoirs, accumulation of chemical tokcikantov in different environments, in the decline of the ecological productivity of water ecosystems. The threat of distorting the ecological balance in the wild, the danger of that it is difficult to over-estimate, is created. Therefore the grandiose task of guard of hydrosphere gets up before humanity

**Key words:** Eichornia, effluents, reservoirs, water treatment, heavy metals, contamination

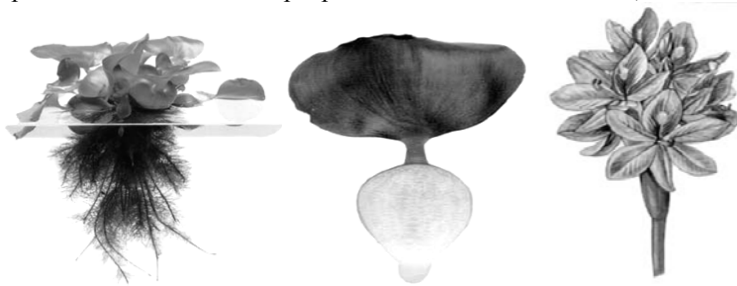
**E-mail:** www.inkar\_18@mail.ru, gul-2012-61@mail.ru, bozhbanov2011@mail.ru

Катастрофически увеличивается количество различных водоемов, основных и малых рек, где качество воды оценивается как неудовлетворительное практически для всех видов пользования. Проблема обработки стоков актуальна во многих местах, где на относительно малых площадях сконцентрировано большое количество требующих очистки вод различного происхождения. Наибольший вред различного рода стоки приносят рекам и природным водоемам, т.к. в них попадают как отходы производств, так и недоочищенные, хлорированные и т.п. стоки, из-за чего происходит эвтрофирование этих рек и водоемов. Такие бассейны практически становятся мертвыми.

В нашей стране и за рубежом проводятся исследования, направленные на изыскание и внедрение в практику новых методов биологической очистки, позволяющих добиться лучших результатов очистки и сохраняющих возможность естественного биоценоза при попадании в реки и озера стоков, что является одним из самых серьезных вопросов защиты биосферы [1].

Своеобразным «чемпионом» по поглощению загрязняющих и излишние питательных веществ является водный гиацинт (рис.1) – эйхорния прекрасная (*Eichorniacrassipes*), или эйхорния плавающая, которая успешно поглощает как органические, так и неорганические вещества[2].

Свойства водного гиацинта обратили на себя внимание людей. В России эта история началась так. Однажды ставропольский селекционер Борис Рыженко, перед тем как на неделю уехать из дома, выплеснул воду с остатками растений эйхорнии из аквариума в корыто с мыльной водой, оставшейся после стирки. Когда он вернулся, то с удивлением обнаружил, что растения не только не погибли, но и сильно разрослись, а вода в корыте стала абсолютно прозрачной и не имела ни цвета, ни запаха [3].



1 2 3

Рисунок 1 – Эйхорния – водный гиацинт: 1 – общий вид; 2 – листовая пластинка и разрез вздутого черешка; 3 – цветок

Сейчас с помощью эйхорнии очищают озера, занесенные в список мертвых, малые реки и водоемы, всевозможные грязные стоки хозяйственно-бытового и животноводческого происхождения. С помощью этого растения можно извлечь из стоков большинство биогенных элементов, таких как азот, фосфор, калий, кальций, магний, марганец, сера, а также такие ингредиенты, как фенол (до 540 г/л), сульфаты, нефтепродукты, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), фосфаты, и можно улучшить такие показатели, как биохимическая потребность кислорода (БПК) и химическая потребность кислорода (ХПК). Именно этот набор элементов и ингредиентов служит основным загрязнителем наших рек и водоемов. При очистке стоков, в которых находятся аммиак, фосфаты, щелочи, сульфиды, нефтепродукты, фенолы, растение окисляет и расщепляет на простые элементы и усваивает как питание их, а также инсектициды, соединения ртути, свинца и кадмия, судя по многочисленным публикациям, посвященным этому чудо-растению [1].

Эйхорния – растение семейства понтедериевых (Pontederiaceae). Ее родина – водоемы тропических и субтропических районов Южной Америки (рис.2). Плотные блестящие листья имеют необычную ложкообразную форму и сидят на черешках с округлыми или продолговатыми вздутиями у основания. Листья образуют плавающую на поверхности воды розетку, а вздутия, внутри которых находится воздухоносная ткань, выполняют функцию поплавков, придающих растению устойчивость. Когда эйхорния растет одиночным кустиком, вздутия большие – настоящие воздушные пузыри, не дающие волнам и ветру опрокинуть растение. Если же его окружают множество других, это уже не нужно, и тогда вздутия уменьшаются в размерах, становятся вытянутыми, бутылковидными. А если растение укореняется, черешки и вовсе принимают обычную цилиндрическую форму: ему теперь не страшны ни волны, ни ветер – не нужны и поплавки [3].

Листья играют важную роль в расселении водного гиацинта. Благодаря своей необычной форме, они улавливают даже слабые дуновения ветра и растение плывет «под парусами», попадая в новые места, пригодные для обитания. На взрослом растении может быть до 10 листьев. В период цветения из центра розетки поднимается цветонос, на котором образуется колосовидное соцветие, состоящее из 5–12 цветков. Цветки очень красивые – крупные, шестилепестковые, фиолетово-голубые; в центре более ярко окрашенного верхнего лепестка находится темно-желтое пятно. За сходство соцветия с соцветием настоящего гиацинта эйхорния и получила свое второе название – водный гиацинт. Цветение водных гиацинтов – необыкновенно красивое зрелище: кажется, что на водоем опустилось голубовато-фиолетовое облако.



Рисунок 2 – Распространение *Eichhornia crassipes* в мире

Размножается эйхорния вегетативно, выпуская из пазух листьев «усы», на концах которых формируются новые растения. Скорость, с которой растение воспроизводит себя вегетативным способом, просто потрясает: за 3–4 месяца каждый кустик может произвести до 200 себе подобных. Размножается эйхорния и семенами, но это возможно только при температуре воздуха не ниже +35 С. Некоторые ученые, например, считают, что именно необычайной способности к размножению эйхорнии, обитавшей на земле еще в незапамятные времена, мы обязаны образованием запасов нефти и газа.

Под водой у эйхорнии находятся мочковатые корни, густо покрытые «ресничками». Корни свободно плавают в воде либо укореняются в илистом грунте на мелководье или вблизи берега. Корни в значительной степени обеспечивают необычные свойства эйхорнии. Способность к быстрому вегетативному размножению при благоприятных условиях может быть весьма полезной при использовании данной культуры для очистки водных объектов. Использование специальных средств для культивирования растения позволило повысить кратность прироста. Эйхорния размножается только в безморозный период, а поэтому ее вегетацию нетрудно контролировать. Необыкновенно высокая биопродуктивность этого растения (у эйхорнии здесь практически не было и нет конкурентов) не только удовлетворяла аппетиты древних властелинов Земли, но и на долгие времена обеспечила будущих хозяев несколько остывшей планеты естественными источниками энергии – нефтью и газом. У эйхорнии совершенно неумный аппетит и полное равнодушие к выбору меню, просто маниакальная прожорливость – прекрасный реликт съедает все лишнее, что загрязняет воду. Нефтепродукты, технические масла, навоз, фенолы, сульфаты, фосфаты, хлориды, нитраты, СПАВы, минеральные соли, патогенные микроорганизмы – ничем не брезгует это растение. «Окисляет, рашепляет... и всё сама, не прибегая к помощи почвенных микроорганизмов» [2].

Поведение растения во время очистки стоков меняется в зависимости от многих факторов, таких как концентрация различных ингредиентов, температура воды и воздуха, кислородная обеспеченность, освещенность, долгота дня. В процессе вегетации эйхорнии возможно решать задачи по переработке иловых отложений органического происхождения, за счет чего в течение одного сезона дно водоема может быть углублено на 30-50 см. Для нормального процесса очистки стоков с помощью культуры эйхорнии на практике определены требования не превышения начальных концентраций загрязняющих веществ в очищаемой воде. У себя на родине, в Южной Америке, эйхорния разрастается так же быстро. Но здесь ее численность ограничивают другие члены биоценоза, исторически сформировавшиеся рядом с эйхорнией. Это ламантины, рыбы лепоринусы, моллюски ампулярии, муравьи-листорезы и другие виды, питающиеся листьями этого растения. В тех местах обитания, куда завез эйхорнию человек, нет видов, способных ограничить ее численность [3].

Изучением необыкновенных способностей растения занялись ученые из Института цитологии и генетики (ИЦГ) Сибирского отделения РАН. Оказалось, что водный гиацинт с фантастической скоростью «поедает» не только самые разные биогенные загрязнители, но и соли тяжелых металлов, фенолы, сульфиды, фосфаты, пестициды, нефтепродукты и прочую химическую грязь, плавающую в наших водоемах. По некоторым данным, водный гиацинт

способен накапливать в себе металлы в концентрации, в 10 тыс. раз превышающей их содержание в воде. И чем грязнее вода, тем лучше чувствует себя растение. Результаты проведенных испытаний впечатляют [1].

В теплицах ИЦГ эйхорнию выращивали в емкостях, заполненных сточными водами Павлодарского нефтеперерабатывающего завода. Эффективность очистки оказалась очень высокой: 97,9% по нефтепродуктам, 75,5% по аммонии, 98,3% по фенолам. За последние десятилетия исследователи, заинтересовавшиеся эйхорнией, отмечали у этой древней представительницы высшей водной растительности совершенно неумный аппетит и полное равнодушие к меню – прекрасный реликт съедает любой загрязнитель. Появились данные, что эйхорнии под силу конкурировать с современными инженерными сооружениями по очистке сточных вод.

Особенность свойств работы эйхорнии в том, что при очистке стоков это растение окисляет и расщепляет промышленные и органические нечистоты, примеси вод на простые безобидные элементы с большой скоростью и усваивает их как питание. Роль окислителя при этом исполняет кислород, который в избытке вырабатывается эйхорнией [3]. Собрав информацию из разных источников об этом естественном мелиораторе и имея экземпляры растения для проведения эксперимента, был заложен опыт с эйхорнией плавающей в НИИ ПБ при Алматинском технологическом университете г. Алматы с 23.09.2013 по 02.10.2013.

В две одинаковые емкости налили сточную воду из биопруда горводоканала, где происходит доочистка сточных канализационных вод. В одну из емкостей поместили три растения эйхорнии. Сотрудники химлаборатории определили химический состав исходной воды и качество воды в емкостях по прошествии 10 дней. Результаты показаны в табл 1.

Таблица 1 – Результаты очистки сточных вод эйхорнией плавающей

Определяемые показатели	Качество воды из биопруда (23.09.13г.)	Качество воды после 10 дней очистки эйхорнией (02.10.2013г.)	
		Опыт	Эффективность очистки, %
1	2	3	4
Жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup>	9,0	7,0	25
Кальций, мг/дм <sup>3</sup>	85,16	59,11	35
Магний, мг/дм <sup>3</sup>	36,20	24,75	17
Гидрокарбонаты, мг/дм <sup>3</sup>	584,72	341,77	36
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	163,2	144,0	12
Сумма натрия и калия, г/дм	228,5	212,25	7
Минерализация, мг/дм <sup>3</sup>	1203,68	1001,82	17
Нитраты, мг/дм	3,3	1,1	45
Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	11,5	0,08	99
БПК <sub>5</sub> , мг.О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	25,0	14,0	44
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	0,71	0,62	13
Железо, мг/дм <sup>3</sup>	1,795	1,12	38
Никель, мг/дм <sup>3</sup>	0,1014	0,075	26

Результаты очистки воды было видно «невооруженным глазом»: вода стала прозрачной, специфический запах нечистот исчез. Причем эффективность очистки выше, чем при использовании обычных технологий.

По результатам исследования было выявлено, что наиболее эффективно эйхорния очищает воду от фосфатов – на 99%, нитратов – в 25 раз; азота аммонийного – в 7 раз; патогенных микроорганизмов – в 4 раза. В меньшей степени эйхорния поглощает хлориды и сульфаты (степень очистки до 7 %), а также соли жесткости (степень очистки до 25%), БПК – на 44%.

Анализ свойств дает уникальные результаты, и практическое использование их направлено на то, чтобы быть достоянием заинтересованных в решении целого ряда

проблем в системах очистки или доочистки сточных вод. Без особой и сложной подготовки этот метод с высокой степенью эффективности применим на разных объектах: от промышленных до стоков чисто хозяйственного происхождения; на водоемах больших и малых производств, в прудах и озерах, зонах отдыха и т.п., от постоянных стоков до периодических выбросов.

Закономерно возникает вопрос: не распространится ли эйхорния бесконтрольно и повсеместно? Дело в том, что в нашем климате это невозможно. Эйхорния – растение тропиков и субтропиков. Уже при температуре +100 С° ее корни начинают отмирать, а при наступлении заморозков растение погибает. В это время растительную массу можно просто изъять из водоема. Сделать это несложно – достаточно зацепить багром одно растение, и за ним потянутся другие.

Правда, возникает проблема утилизации растений, накопивших большие количества загрязняющих веществ. В настоящее время водяной гиацинт иногда используют для получения волокна и бумаги, предлагается также использовать его для получения биотоплива. Работы по созданию очистных аквасистем на основе использования водных гиацинтов продолжают [2].

Возможно, это растение со временем позволит решить проблему мертвых водоемов, с которой ни природа, ни люди справиться уже не в состоянии. Природа дала нам очень дешевый метод очистки окружающей среды и совсем неразумно оставлять его без внимания.

#### **Список литературы**

1. *Информационный обзор способа очистки (доочистки) вод с применением эйхорнии (водного гиацинта).* – М.: Общественный фонд содействия внедрению социальных инноваций, 2009.
2. *Тарушкина Ю. А., Ольшанская Л. Н., Мечева О. Е., Лазуткина А. С. Высшие водные растения для очистки сточных вод // Экология и промышленность России. – 2006. – Май. – С. 36–39.*
3. *Мишина А.Я. Злостный сорняк, спасающий водоемы // Ботанический журнал. 2003. – № 15. – С. 24–31.*
4. *Рыженко Б.Ф. Растение эйхорния – очистное сооружение в миниатюре и основной источник образования нефти и газа. – Нефть, газ, новации. – 2011. – №2.*

---

---

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

---

---

УДК 628:661

**ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА  
НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД  
ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

© *Е.А. Бухарова, Энгельсский технологический институт (филиал)  
Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.  
(г. Энгельс, Россия)*

© *Е.А. Татаринцева, Энгельсский технологический институт (филиал)  
Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.  
(г. Энгельс, Россия)*

© *Л.Н. Ольшанская, Энгельсский технологический институт (филиал)  
Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.  
(г. Энгельс, Россия)*

**RESEARCH OF SORPTION PROPERTIES OF MATERIAL BASED  
ON PET FOR WASTEWATER FROM OIL AND HEAVY METALS' IONS**

© *E.A. Bukharova, Engels Technological Institute (branch) of Saratov State Technical  
University named after Yuri Gagarin (Engels, Russia)*

© *E.A. Tatarinceva, Engels Technological Institute (branch) of Saratov State Technical  
University named after Yuri Gagarin (Engels, Russia)*

© *L.N. Olshanskaya, Engels Technological Institute (branch) of Saratov State Technical  
University named after Yuri Gagarin (Engels, Russia)*

Эффективные и доступные сорбенты можно изготавливать из вторичных полимеров, что позволит решить две задачи: очистку воды и утилизацию отходов. В связи с этим актуальной является задача создания новых дешевых сорбционных материалов на основе отходов пластмасс для защиты гидросферы. Целью работы является исследование сорбционных свойств материала из отходов полиэтилентерефталата, применение которого возможно на предприятиях для очистки сточных вод от нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов.

**Ключевые слова:** отходы термопластов, утилизация отходов, сорбция, сорбционные материалы, очистка вод от нефтепродуктов и тяжелых металлов.

Efficient and low-cost sorbents can be manufactured from polymers' waste. It can solve two problems: the treatment of water and recycling. In this regard, the task of creating a new low-cost materials from plastics' waste to protect the hydrosphere is relevant. The aim is the investigation of the sorption properties of the material from the PET waste. The using of sorbent is possible in facilities for wastewater and treatment of surface water from oil and heavy metals.

**Key words:** thermoplastic waste, recycling, sorption, sorption materials, wastewater treatment from oil products and heavy metals.

**E-mail:** E.Bukharova@bk.ru, tatarinceva-elen@mail.ru

Сопутствующим эффектом бурного роста промышленности пластмасс является одновременное увеличение количества их отходов, которые складываются на свалках и полигонах, являясь серьезным источником загрязнения окружающей среды. Переработка и утилизация отходов полимеров является сложной экологической, технологической и экономической задачей современности. В связи с этим актуальной является задача вторичного использования отходов термопластов [7]. Не менее важной является проблема сохранения и восстановления водных ресурсов. Из многочисленных методов очистки воды наиболее перспективным считается сорбционный метод, позволяющий эффективно производить очистку воды от загрязняющих веществ различной природы.

Эффективные и доступные сорбенты можно изготавливать из вторичного сырья, например, из отходов полимеров, что позволит решить две задачи: очистку воды и утилизацию отходов. Использование отходов полиэтилентерефталата (ПЭТ) при создании новых сорбентов, обладающих высокой эффективностью и низкой стоимостью, для очистки вод очень перспективно. Эти материалы доступны, легко перерабатываются, модифицируются, отличаются высокими показателями физико-химических свойств [3].

Нефть и продукты ее переработки, а также тяжелые металлы являются основными загрязнителями поверхностных и сточных вод [4].

Поэтому целью настоящей работы являлось изучение сорбционных свойств материала на основе вторичного полиэтилентерефталата.

В качестве объектов исследования были выбраны вторичный полиэтилентерефталат (ВПЭТ), растворитель бензиловый спирт (БС) и пластификатор дибутилфталат (ДБФ), модельные растворы нефтепродуктов на основе машинного масла И-20А  $C_{исх}=128$  мг/л, сточные воды ОАО «Саратовский НПЗ»  $C_{исх}=170$  мг/л, модельные растворы  $Cu^{2+}$ ,  $Rb^{2+}$   $C_{исх}=10$  мг/л.

Сорбционный материал представляет собой мелкодисперсный порошок, полученный осаждением из раствора ВПЭТ в системе БС-ДБФ.

Для оценки сорбционной активности и установления механизма сорбции определяли наличие функциональных групп на поверхности сорбента. По данным исследования инфракрасной спектроскопии полученный сорбционный материал представляет собой сложный эфир, что подтверждено наличием интенсивных полос поглощения валентных колебаний связей  $>C=O$  сигналы  $1723\text{ см}^{-1}$  и  $C-O$ - сигналы  $1266\text{ см}^{-1}$  сложноэфирной группы, а также присутствуют группы –ОН сигналы  $3436\text{ см}^{-1}$ , которые не обнаруживаются в немодифицированном ВПЭТ (рис. 1).

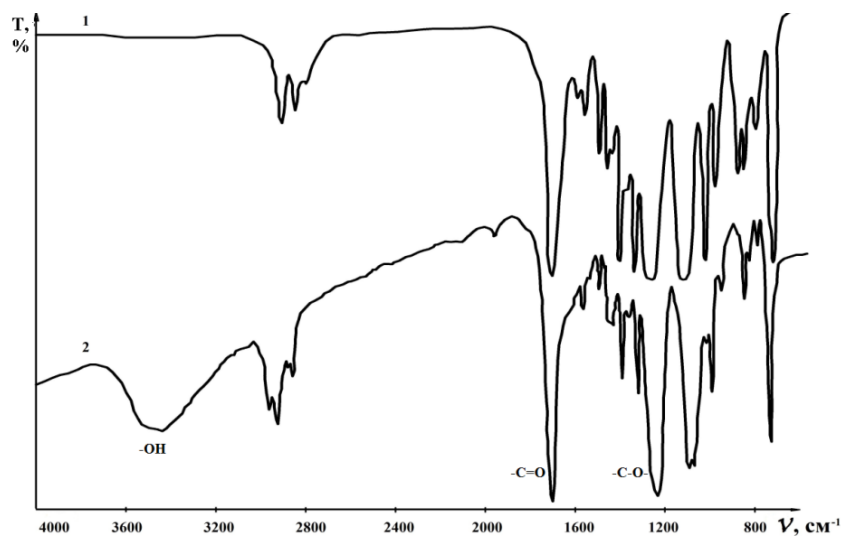


Рисунок 1 – ИК-спектры: 1- ВПЭТ; 2 - сорбционный материал

Удельную поверхность ( $S_{N_2}$ ) определяли по изотерме адсорбции азота методом БЭТ, анализ распределения пор по размерам проводили по методу ВЖН, размер частиц определяли на лазерном дифракционном анализаторе размеров частиц SALD – 2201, табл. 1. Определена сорбционная активность по метиленовому голубому (ГОСТ 4453-74), которая дает сведения о размере пор с диаметром больше 1,5 нм, адсорбцию по йоду (ГОСТ 6217-74), которая свидетельствует о наличии пор с диаметром 1 нм (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика сорбента

Размер частиц	15-80 мкм (95 %)
Удельная поверхность	20,4 м <sup>2</sup> /г
Радиус пор	1,6-50 нм ( 90% мезопоры)
Активность по йоду, %	28
Активность по метиленовому голубому, мг/г	160

Исследованы сорбционные свойства материала и эффективность очистки воды от нефтепродуктов (НП) в статических условиях. Концентрацию измеряли методом инфракрасной спектрофотометрии на приборе «КН-2М».

Известно, что ПЭТ гидрофобный полимер (водопоглощение 0,3 %), имеющий, как и нефтепродукты, малое сродство к воде. При добавлении сорбента происходит налипание НП на частицы полимера, образуя глобулы [2]. Сорбция нефтепродуктов в статических условиях на модельных растворах и сточных водах «СарНПЗ» протекает по физическому механизму, который можно представить в виде гидрофобного взаимодействия частиц сорбента и НП, что подтверждается типом изотерм сорбции, которые относятся к типу II по теории БЭТ [5] и свидетельствуют о полимолекулярном процессе сорбции (рис.2, 3).

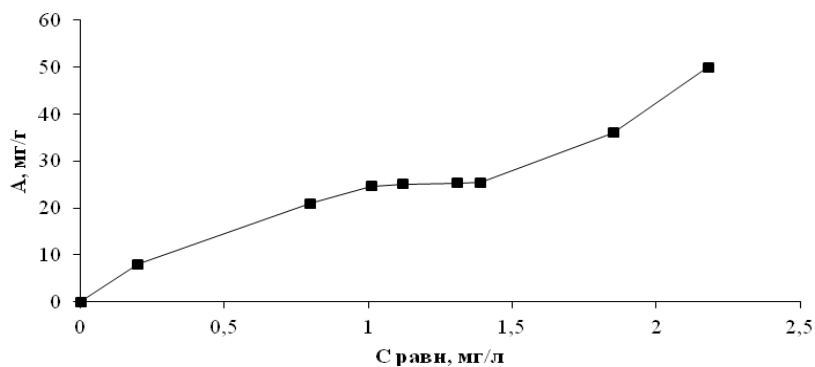


Рисунок 2 – Изотерма сорбции НП из модельных растворов

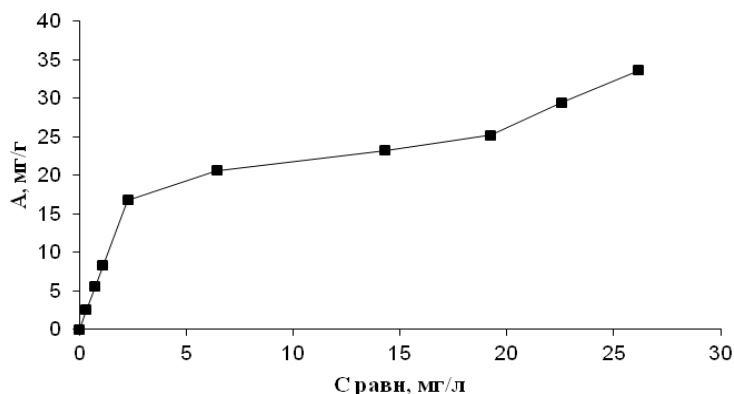


Рисунок 3 – Изотерма сорбции НП из сточных вод «СарНПЗ»

Экспериментально установлено, что достаточная масса сорбента для очистки воды от НП составляет 0,5 г/100 мл, эффективность очистки при этом достигает 99 %.



Важнейшей характеристикой сорбционной очистки является кинетика процесса [6]. На рисунке 4 представлена кинетическая кривая сорбции НП на исследуемом сорбенте, средняя скорость поглощения НП из модельного раствора сорбентом за первые 10 мин составляет 11 мг/л×мин, за оставшееся время сорбируется 0,08 мг/л×мин нефтепродуктов. Аналогичное изменение концентрации во времени наблюдается в сточных водах «СарНПЗ» – средняя скорость поглощения НП за первые 10 мин составляет 8 мг/л×мин, за оставшееся время – 0,08 мг/л×мин.

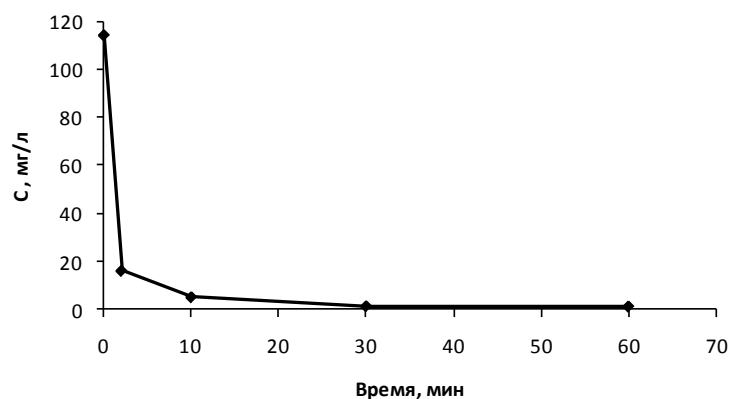
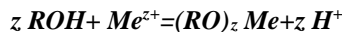


Рисунок 4 – Кинетическая зависимость снижения концентрации НП в модельных растворах

Изучена сорбция ионов тяжелых металлов из растворов. Присутствие концевых функциональных групп – OH<sup>-</sup> (3436 см<sup>-1</sup>) (рис.1.) позволило предположить возможное взаимодействие гидроксильной группы с ионами тяжелых металлов за счет замещения H<sup>+</sup> на катион металла по схеме:



Притяжение катионов металлов возможно также за счет отрицательного потенциала поверхности сорбента, что подтверждается отсутствием сорбции анионо-активных поверхностно-активных веществ. Эффективность очистки от ионов меди составила 85 %, от ионов свинца – 58 % (рис.6).

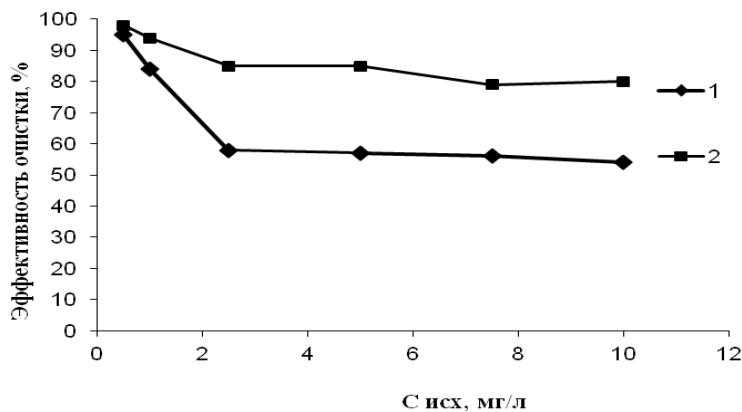


Рисунок 6 – Зависимость эффективности очистки от исходной концентрации ионов тяжелых металлов: 1- Pb<sup>2+</sup>; 2- Cu<sup>2+</sup>

В результате проведенной работы изучены сорбционные свойства материала на основе ВПЭГ. Установлено, что сорбент обладает высокой эффективностью очистки воды от нефтепродуктов (99 %) и ионов тяжелых металлов в сточных водах (Cu<sup>2+</sup> = 85 %, Pb<sup>2+</sup> = 58 %).

**Список литературы**

1. Артемов А.В. Сорбционные технологии очистки воды от нефтяных загрязнений / А.В. Артемов, А.В. Пинкин // *Вода: Химия и экология*, № 1, июль, 2008. – С. 18-24.
2. Веприкова Е.В. Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей / Е.В. Веприкова, Е.А. Терещенко, Н.В. Чесноков и др. // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry* 3 (2010 3) 285-304.
3. *Вторичная переработка пластмасс /под ред. Франческо Ла Мантши. – С.Пб.: Профессия, 2007. – 520 с. ISBN 5-93913-116-6.*
4. Комарова Л.Ф. Использование воды на предприятиях и очистка сточных вод в различных отраслях промышленности: учеб. пособие/ Л.Ф. Комарова, М.А. Полетаева. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 174 с.
5. Кукушкина И.И. Коллоидная химия / И.И. Кукушкина, А.Ю. Митрофанов. – Кемерово: Изд-во КемГУ, 2010. – 215 с.
6. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды / А.Д. Смирнов. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.
7. *Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки: учеб. Пособие / Г.К. Лобачева и др. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2005. – 176 с.*

**УДК 504:678**

**ПОДБОР КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА  
РЕЦИКЛИНГА РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

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

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

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

**SELECTION CRITERIA FOR ECOLOGICAL MONITORING  
RECYCLING OF RUBBER-TECHNICAL WASTE**

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

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

© **R.A. Dyar'kin**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Статья посвящена проблеме рециклинга резинотехнических отходов (РТО), объемы образования и накопления которых с каждым годом возрастают, что свидетельствует о низких показателях применения РТО в виде вторичного сырья. Рассмотрение вопросов экологического мониторинга утилизации отходов резин актуально в аспектах как ресурсосбережения, так и уменьшения техногенной нагрузки на компоненты окружающей среды.

**Ключевые слова:** критерии оценки, резинотехнические отходы, утилизация, моделирование.

The article covers a problem of recycling of rubber waste (RTO), the volume of formation and accumulation of which is increasing every year, which indicates low levels of application of RTO in the form of secondary raw materials. Consideration of the issues of ecological monitoring of waste recycling of rubber important in the aspects as resource conservation, and to reduce the technogenic load on the environment.

**Key words:** criteria for assessment, rubber-technical waste, utilization, modeling.

**E-mail:** goryacheva.pgta@mail.ru; anc1961r@gmail.com; penza-ruslan@mail.ru

Экологическая ситуация и тенденции её улучшения во многом определяются параллельным развитием промышленной и хозяйственной деятельностью предприятий различного предназначения. Актуальной становится необходимость поиска новых

решений в области снижения техногенной нагрузки на урбанизированные территории. Одним из общепринятых способов оценки состояния компонентов окружающей среды является экологический мониторинг [2, с. 15].

Рециклинг резинотехнических отходов должен подвергаться экомониторингу на всех стадиях утилизации этих отходов, ввиду того, что РТО обладают свойствами долговечности и являются многокомпонентными. Из этого следует, что задачи ресурсосбережения и экологичности материалов из вторсырья должны рассматриваться и решаться совместно [1, с. 351].

Общая оценка рециклинга РТО может быть представлена в виде управляемых и не управляемых критериев.

Управляемые критерии могут изменяться в строго заданных пределах и зависят от состояния производства, его мощности, технологий защиты и т.д. К неуправляемым критериям относятся природно-климатические и социально-экономические показатели [6, с. 14].

Критерии для экологического мониторинга утилизации РТО должны включать:

- анализ и оценку экологической безопасности урбанизированных территорий от накопления резинотехнических отходов;
- анализ и оценку экологической безопасности сбора и утилизации резинотехнических отходов в ресурсосберегающем производстве;
- анализ и оценку экологической безопасности применения и использования разрабатываемых ресурсосберегающих материалов.

Параметры управляемых и неуправляемых критериев рециклинга РТО могут изменяться от состояния деятельности хозяйствующих субъектов и определяются исходя из целей и задач [7, с. 6]. Достижение определенных значений для каждого критерия в отдельности позволяет оценить эколого-экономическую эффективность рециклинга отходов резин. Вместе с тем, при возникновении чрезвычайной ситуации (критерий перешел в неуправляемое состояние) эффективность утилизации будет критически снижена [3, с. 965].

Анализ и оценка экологической безопасности урбанизированных территорий от накопления резинотехнических отходов необходимы для определения текущей ситуации о состоянии территорий, подвергшихся техногенной нагрузке.

При этом экологический мониторинг проводится в отношении тех компонентов природной среды, антропогенное воздействие на которые было оказано. Например, захламление и последующая деградация почвы, выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду от сжигания РТО и т.д., должны быть подвергнуты инструментальным измерениям качества окружающей среды. Выполнение экологического мониторинга на этой стадии позволит определить и обосновать необходимость вмешательства со стороны либо органов государственной или муниципальной власти, либо общественных организаций или хозяйствующих субъектов о необходимости устранения существующей проблемы [5, с. 3].

Анализ и оценка экологической безопасности сбора и утилизации резинотехнических отходов в ресурсосберегающем производстве необходимы для определения эффективности работы муниципалитетов или подрядных клининговых компаний, а также предприятий-утилизаторов РТО, например, силами и средствами общественных экологических организаций, либо надзорных государственных ведомств [3, с. 963].

Для оценки эколого-экономической эффективности работы в рециклинге РТО предприятий-утилизаторов предложено математическое моделирование. Утилизация исходного объема определенного вида резинотехнических отходов  $R_v$  с дальнейшим использованием продуктов, получающихся после переработки в различных параллельно-последовательных технологиях, представлена следующим выражением:

$$R_v = \sum_{i=0}^{i=k} V_i^{r^1+r^n} + \sum_{j=0}^{j=m} U_j^{r^1+r^n} \quad (1)$$

Выполнение качественно-количественных оценок на очередном этапе моделирования возникает с постановки основной цели в виде планирования перечня возможного получения промежуточных либо конечных продуктов, а также отходов. Постановка целей и задач определяется после содержательного качественного анализа доступных и работоспособных технологий, эколого-экономической ситуации, потребительского заказа, финансовых оценок и др. Очевидно, что количество этапов моделирования и их рациональность определяет пользователь предложенного метода.

На каждом из этапов моделирования утилизации резинотехнических отходов с помощью линейного приближения определяется максимальное значение целевой функции:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \rightarrow \max \quad (2)$$

Поиск целевой функции возможен с помощью применения компьютерного моделирования, выполненного на базе программы Microsoft office excel 2010 [3, с. 967].

Анализ и оценка экологической безопасности применения и использования разрабатываемых ресурсосберегающих материалов необходимы для определения качества продукции, получающейся в результате рециклинга РТО. Полученная продукция из РТО не должна приносить вред компонентам окружающей среды и здоровью человека. Инструментальные анализы и сертификация продукции из РТО также являются неотъемлемыми параметрами данного критерия [4, с. 211].

В результате обязательного ввода всех перечисленных критериев для экологического мониторинга рециклинга РТО получим частный алгоритм работы участников утилизации отходов резин. Это позволит выполнить оптимизацию в решении следующих задач:

- стабильное эколого-техническое развитие ресурсосберегающих технологий;
- создание рабочих мест при производстве новых конкурентоспособных ресурсосберегающих материалов и изделий;
- развитие резинотехнической отрасли вторичных сырьевых ресурсов [8, с. 414].

#### **Список литературы**

1. Бобович Д.Д., Девяткин В.В. *Переработка отходов производства и потребления // Справочное издание.* – М.: – 2000. – 496 с.
2. Варшавский В.Я., Скворцов Л.С., Грачева Р.С. *Новая технология измельчения промышленных отходов // Экология и промышленность России.* – 2000. С. 14–17.
3. Горячева А.А., Дярькин Р.А. *Эколого-экономическая оценка утилизации резинотехнических отходов во вторичное сырье // Фундаментальные исследования.* – 2013. – № 10. – С. 963-967.
4. Кальнер В.Д. *Экологическая парадигма глазами инженера // Учебное пособие.* – М.: Калвис, 2009. – 400 с.
5. Орлецкая Л.В. *Ценные вторичные ресурсы // Рециклинг отходов.* – 2006. – № 6. С. 3–4.
6. Серов Г.П. *Оценка значимости экологических факторов и аспектов при планировании мероприятий по снижению воздействия на окружающую среду // Экологические нормы. Правила. Информация.* – М., 2008. – № 9. С. 10–17.
7. Чувашева Е.П., Воронин А.В. *Основные принципы экологической оценки проектов // Экологические нормы. Правила. Информация.* – М.: – 2008. – № 3. С. 4–7.
8. Якимчук С.В., Порожнюк Е.В. *Утилизация и переработка отходов, как элемент экологического предпринимательства // Экология – образование, наука, промышленность и здоровье. Сборник докладов IV Международной научно – практической конференции.* – Белгород, 2011. – С. 413 – 415.

УДК 504.53.06:631.6

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И СОВМЕСТНОЕ ВЛИЯНИЕ КАТИОНОВ И ВНЕШНИХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ПРОЦЕССЫ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ**

- © *Л.Н. Ольшанская*, *Энгельсский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет» (г. Саратов, Россия)*  
© *О.В. Титоренко*, *Энгельсский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет» (г. Саратов, Россия)*  
© *А.С. Халиева*, *Энгельсский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет» (г. Саратов, Россия)*

**INFLUENCE OF NATURE AND CONCENTRATION OF HEAVY METAL IONS AND SHARING THE INFLUENCE OF CATIONS AND EXTERNAL PHYSICAL FIELDS ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF PLANTS**

- © *L.N. Olshanskaya*, *Engels Technological Institute (branch) of Saratov State Technical University (Saratov, Russia)*  
© *O.V. Titorenko*, *Engels Technological Institute (branch) of Saratov State Technical University (Saratov, Russia)*  
© *A.S. Khalieva*, *Engels Technological Institute (branch) of Saratov State Technical University (Saratov, Russia)*

Приведены результаты исследований по влиянию природы и концентрации ионов свинца и меди, совместному влиянию этих катионов и постоянного магнитного поля и ультрафиолетового облучения на процессы роста и развития фасоли, сои и листового салата.

**Ключевые слова:** ионы тяжелых металлов, внешние физические поля (постоянное магнитное поле, ультрафиолетовое облучение), высшие растения (фасоль, соя, листового салата), рост, развитие.

The results of studies on the influence of the nature and concentration of ions of lead and copper, the joint effect of these cations and a constant magnetic field and ultraviolet radiation on the processes of growth and development of the beans, soybeans and lettuce.

**Key words:** heavy metal ions, the external physical fields (constant magnetic field, UV radiation), higher plants (beans, soybeans, lettuce), growth and develop.

В последние десятилетия обнаружены многочисленные факты, свидетельствующие о высокой чувствительности растений к воздействию внешних физических полей (ВФП: постоянные магнитные (ПМП), электрические поля, ультрафиолетовое (УФ), инфракрасное (ИК) и лазерное излучения (ЛИ) и их комбинированное сочетание). Поля создают дополнительные электрические токи в биообъектах и могут изменять течение процессов роста и развития организмов [1-3], оказывая как стимулирующее, так и тормозящее влияние. Это воздействие зависит от характеристик данного фактора: длины волны, частоты колебаний электромагнитных излучений (ЭМИ), силы и времени действия ВФВ [4, 5].

Применение ультрафиолетового, лазерного облучений и обработка магнитными полями семян растений является прогрессивным способом их подготовки к посеву, позволяющим не только вывести семена из состояния покоя, но и активизировать работу разнообразных биологических катализаторов - ферментов, обеспечивающих быстрый рост и развитие растений [6 - 8].

Проведенные исследования по влиянию природы и концентрации ионов тяжелых металлов (ИТМ:  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ) и совместного воздействия ионов металлов и внешних физических полей: постоянное магнитное поле с напряженностью  $H = 2$  кА/м и ультрафиолетовое облучение с  $\lambda = 290$  нм на общую всхожесть семян растений представлены на рисунках 1 - 3, в таблицах 1-3.

Установлено, что по сравнению с контролем (табл. 1) количество всходов в почвах, содержащих ИТМ, изменилось. Влияние ИТМ на процессы всхожести семян растений весьма неоднозначно и определяется природой металла. Так, по сравнению с контролем, в почвах, содержащих медь, при концентрациях 5 и 10 ПДК всхожесть

семян растений увеличилась, а при 15 и 20 ПДК – сравнялась с количеством всходов без ИТМ (рис. 1). Это обусловлено довольно высокой устойчивостью растений к действию этого металла, который не только не ингибировал прорастание, но и оказал некоторое стимулирующее действие. Это связано с преобладанием свойств меди как микроэлемента при миграции ее в растение. Известно, что медь в растениях сосредотачивается в хлоропластах и тесно связана с процессами фотосинтеза. Медь стабилизирует хлорофилл, предохраняет его от разрушения [9]. Растения листового салата в этих условиях оказались менее устойчивыми и приспособленными к воздействию тяжелых металлов.

Анализ влияния УФ-облучения на всхожесть и ростовые характеристики растений фиторемедиантов показали его положительное воздействие на салат и фасоль. Для сои эти параметры были ниже (рис. 3).

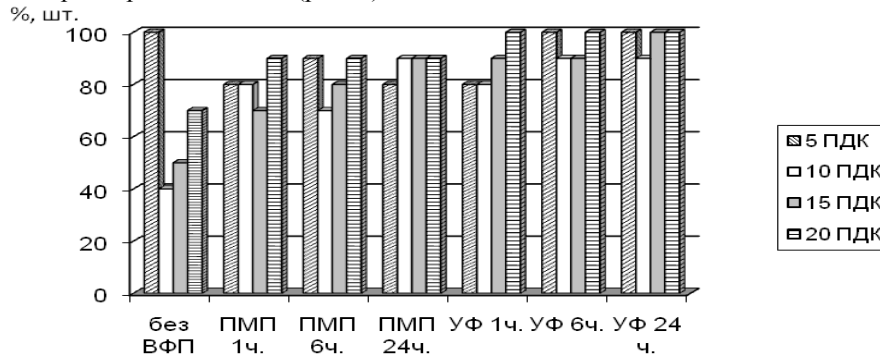


Рисунок 1 – Влияние концентрации ионов Cu<sup>2+</sup> без воздействий ВФП и в сочетании с магнитным полем и ультрафиолетовым облучением на общее количество всходов листового салата

Известно [7], что УФ-излучение представляет собой мощный фактор воздействия на растения. Оно стимулирует накопление пигментов, вырабатывает устойчивость к неблагоприятным условиям, ускоряет фотосинтез, увеличивает продуктивность, предотвращает чрезмерное вытягивание, снижает заболеваемость растений, повышает качество плодов. Невысокие дозы ультрафиолета оказывают стимулирующее действие на рост и продуктивность растений, тогда как длительное облучение растений вызывает снижение уровня фотосинтеза и продуктивности. В целом, УФ-радиацию можно рассматривать в качестве селекционного фактора, повышающего устойчивость растений [8].

Присутствие в почвах токсичного свинца оказало незначительное влияние на всхожесть семян растений (табл. 1, 2).

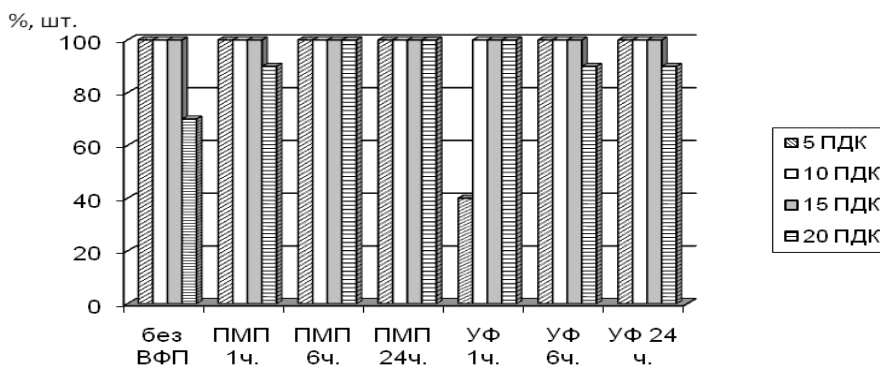


Рисунок 2 – Влияние концентрации ионов Cu<sup>2+</sup> без воздействий ВФП и в сочетании с магнитным полем и ультрафиолетовым облучением на общее количество всходов фасоли (обозначение см. рис. 1)

Количество всходов было близко к контролю и к количеству всходов в присутствии в почве  $\text{Cu}^{2+}$ . Это может быть связано с тем, что при высоких концентрациях в почве свинец переходит в малоподвижное состояние, что замедляет его поступление в растения [10, 11].

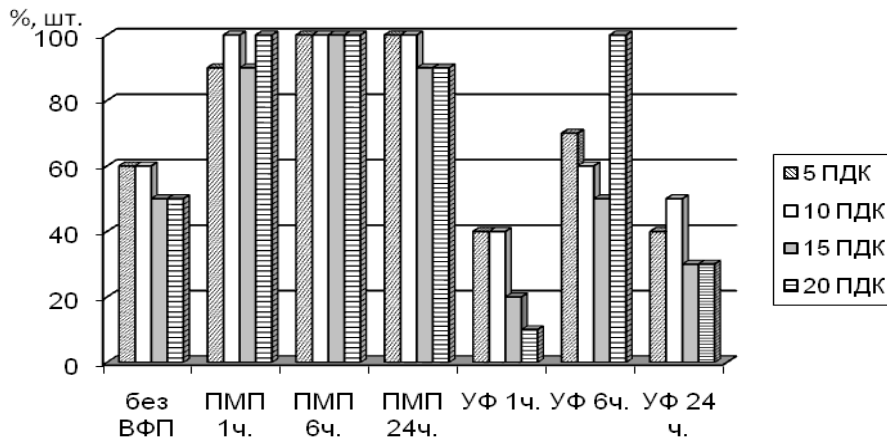


Рисунок 3 – Влияние концентрации ионов  $\text{Cu}^{2+}$  без воздействий ВФП и в сочетании с магнитным полем и ультрафиолетовым облучением на общее количество всходов сои (обозначение см. рис. 1)

Таблица 1 – Количество всходов фитосорбентов(%) в почве: контроль (числитель), при содержании свинца 10 ПДК (знаменатель)

Растения	Дни роста	Количество всходов, % (от 50 шт.)							
		1 – 4	6	8	10	12	15	18	22
Листовой салат	-	32	52	56	62	76	62	44	-
		26	42	46	58	66	56	38	22
Фасоль	-	26	62	70	84	98	94	92	86
		22	33	58	68	78	78	56	42
Соя	-	26	54	64	74	80	90	84	90
		14	42	50	66	78	72	60	30

Такое поведение металла обусловлено присутствием в почвенном растворе диоксида углерода, который способствует образованию гидрокарбонатов и карбонатов свинца (равно как и др. металлов), которые постепенно переходят в малорастворимые алюмосиликаты, вследствие специфической адсорбции катионов свинца почвами.

При этом содержание подвижной составляющей снижается, и металл не поступает в фитомассу растения [11]. Имеются также сведения о стимулирующем действии на рост растений некоторых солей свинца (главным образом  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) при низких концентрациях. Описаны эффекты торможения метаболизма растений, возникающие из-за низких уровней содержания свинца [11].

Таблица 2 – Количество всходов фитосорбентов (%) при различном содержании свинца в почве

Растения Дни роста	ПДК	Количество всходов, % (от 50 шт.)								
		4	6	8	10	12	15	18	22	28
Листовой салат	5	-	30	44	54	60	66	56	38	24
	15	-	22	36	40	48	52	50	34	20
	20	-	20	34	42	46	52	52	30	18
Фасоль	5	-	22	34	58	68	78	78	56	42
	15	-	22	34	58	66	78	78	56	42
	20	-	18	30	48	52	72	72	50	38
Соя	5	-	14	44	50	64	78	70	60	30
	15	-	12	42	52	60	76	72	64	30
	20	-	10	38	46	58	70	70	54	26

Проведенные исследования по влиянию природы и концентрации ИТМ на рост и развитие растений без ВФП (табл. 3) показали, что по истечении 14 - 18 суток у фитосорбентов без предварительного облучения начали проявляться признаки угнетения роста и отмирание листьев. С увеличением концентрации токсикантов эти процессы усиливались и особенно при загрязнении почвы свинцом.

Таблица 3 – Влияние природы и концентрации ИТМ на рост и развитие растений

Фасоль длина листа, мм (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )						Фасоль высота растения, мм (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )				
Дни	К*	5 ПДК	10 ПДК	15 ПДК	20 ПДК	К*	5 ПДК	10 ПДК	15 ПДК	20 ПДК
7	40	36/36	35/35	35/33	34/30	231	234/226	232/223	230/220	231/217
14	46	44/42	43/40	40/40	40/36	314	256/241	244/238	282/234	283/228
21	54	49/47	48/44	46/41	45/40	389	350/439	338/301	359/298	359/276
28	61	57/55	55/52	55/49	53/46	516	479/449	483/397	417/365	420/329
Салат длина листа (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )						Салат высота растения, мм (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )				
7	9	8/6	8/6	7/5	7/4	57	51/45	50/45	50/42	49/40
14	11	9/7	8/7	8/6	8/5	75	58/49	58/48	56/46	53/43
21	13	10/8	9/7	7/-	-/-	81	64/56	63/54	61/-	58/-
28	16	10/10	9/9	6/-	-/-	84	68/61	66/58	-/-	-/-

Практически во всех пробах с загрязненной почвой растения отставали в росте и развитии по сравнению с контролем. В пробах с максимальным содержанием ИТМ Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup> (20 ПДК) салат практически не рос, и в конце эксперимента (28 дней) он мало отличался от недельной рассады.

Это обусловлено тем, что салат сразу реагирует на присутствие тяжелых металлов в почве. Кроме этого следует отметить, что при больших концентрациях металлов в растениях приоритетными становятся их токсикологические свойства. Токсическое действие избытка металлов, и, в частности, меди может быть связано с инактивацией ферментов [9]. Образующиеся металлоорганические соединения негативно влияют на растения, защитные механизмы которых не справляются с поступлением больших количеств токсичных металлов, что вызывает сбой в процессе фотосинтеза и, как следствие, угнетение роста и развития растений, снижение их биомассы [9–11].

Фенологические наблюдения показали, что в меньшей степени уровень загрязнения почвы ионами меди оказывает влияние на рост и развитие фасоли и сои, в



наибольшей – на салат. Так как фасоль и соя не относятся к группе растений – гипераккумуляторов, то высота растений, а, следовательно, и их фитомасса прямо пропорционально зависят от накопления в ней ионов биогенных элементов, к которым относится медь.

Исследовано совместное воздействие ИТМ и физических полей ПМП и УФ на рост и развитие растений (табл. 4, 5) в течение 1 и 6 ч.

Таблица 4 – Влияние природы, концентрации ИТМ и воздействия ПМП в течение 6 ч. на рост и развитие растений

Фасоль высота растения, мм (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )						Фасоль длина листа, мм (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )				
Дни	К*	5 ПДК	10 ПДК	15 ПДК	20ПДК	К*	5 ПДК	10 ПДК	15 ПДК	20 ПДК
7	231	10/-	6/-	11/2	13/7	40	- / -	-/-	-/-	-/-
14	314	338/50	330/10	331/128	331/120	46	30/10	30/-	20/18	33/40
21	389	498/240	500/258	489/270	497/170	54	37/38	35/68	40/47	40/40
28	516	518/250	515/61	499/347	512/270	61	39/47	37/72	43/47	43/40
Салат высота растения (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )						Салат длина листа, мм (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )				
7	57	25/28	10/18	27/25	30/30	9	2/7	2/6	5/5	6/7
14	75	31/50	38/35	37/27	47/50	11	3/13	5/9	5/10	9/18
21	81	-/50	-/52	45/27	47/51	13	-/15	-/17	7/10	9/20
28	84	-/50	-/53	-/-	-/51	16	-/15	-/17	-/-	-/20

Изучение влияния концентрации ИТМ и времени воздействия ПМП на высоту растений позволило установить, что облучение семян фасоли и сои при малых концентрациях ионов Pb<sup>2+</sup> отрицательно влияют на рост и развитие растений (табл. 4). Эти параметры незначительно увеличивались лишь при концентрациях ионов свинца в очищаемой почве (15 и 20 ПДК), что, как указывалось выше связано с тем, что при больших концентрациях в почве свинец переходит в малоподвижное состояние и замедляется его поступление в растения [11].

Однако и в этом случае растения фасоли отставали по параметрам длины листьев и высоты растений от контрольного образца, и наблюдалось их незначительное увеличение в эксперименте без облучения семян магнитным полем.

Таблица 5 – Влияние природы и концентрации ИТМ и воздействия УФ-облучения в течение 1 ч. на рост и развитие растений

Фасоль высота растения, мм (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )						Фасоль длина листа, мм (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )				
Дни	К*	5 ПДК	10 ПДК	15 ПДК	20ПДК	К*	5 ПДК	10 ПДК	15 ПДК	20 ПДК
7	231	-/-	27/25	20/-	10/7	40	-/-	8/7	5/-	-/-
14	314	190/180	2,0/210	225/217	235/222	46	15/30	40/47	30/34	30/31
21	389	245/230	242/231	240/231	250/243	54	42/41	55/52	44/39	45/41
28	516	278/252	280/259	300/282	295/271	61	46/44	56/52	58/53	57/52
Салат высота растения (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )						Салат длина листа, мм (Cu <sup>2+</sup> /Pb <sup>2+</sup> )				
7	57	10/9	15/13	9/7	10/9	9	4/2	5/3	3/1	5/3
14	75	44/43	41/39	44/43	31/29	11	6/4	6/4	7/5	9/7
21	81	45/44	49/48	46/44	34/33	13	9/7	9/7	10/7	10/7
28	84	47/45	55/53	48/46	45/43	16	9/7	11/9	9/7	10/9

В опыте с почвой, загрязненной ионами Cu<sup>2+</sup> (табл. 4), наблюдалась другая тенденция. Растения фасоли, семена которых подверглись обработке в ПМП с напряженностью 2 кА/м, достигали более высоких показателей роста по сравнению с растениями, как в контрольном эксперименте, так и в эксперименте без предварительного облучения семян.

При изучении влияния УФ-облучения на высоту растений и длину листа в течение 1 ч. (табл. 5) и в течение 6 ч. был отмечен отрицательный эффект воздействия ультрафиолета как в присутствии в почве свинца, так и при загрязнении медью. Увеличение уровня загрязнения почвы ионами Pb<sup>2+</sup> как без облучения семян растений ВФП, так и после воздействия ПМП способствует уменьшению биомассы фитосорбентов в сравнении с медью (табл. 6).

Таблица 6 – Биомасса фитосорбентов выращенных в почвах, содержащих различные ИТМ без воздействия ВФП и при обработке ПМП с Н=2 кА/м в течение 6 часов

Фитосорбент	m, г К*	ПДК	m, г без ВФП		m, г ПМП	
			Cu <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>
Листовой салат	0,07	5	0,05	0,08	0,14	0,03
		10	0,09	0,06	0,11	0,05
		15	0,07	0,04	0,22	0,04
		20	0,06	0,03	0,21	0,03
Фасоль	7,40	5	7,36	6,02	10,70	5,84
		10	9,48	6,78	15,15	5,42
		15	9,01	6,91	15,50	5,63
		20	10,45	6,57	9,43	5,29
Соя	1,70	5	1,91	1,54	2,09	1,48
		10	1,75	1,22	2,03	1,20
		15	1,36	1,16	2,94	1,09
		20	1,27	1,34	1,23	1,10

Эффект обусловлен тем, что медь, являясь биогенным элементом, участвует в важных биохимических процессах и оказывает благоприятное воздействие на растения. Наиболее устойчивыми к воздействию ИТМ оказались фасоль и соя, их биомасса (табл. 6) была больше в сравнении с салатом.

Это связано с тем, что бобовые обладают важной биологической особенностью – способностью противостоять поступлению в наземную часть токсичных веществ за счет их иммобилизации в корневой системе [10, 11]. При этом наблюдается понижение проницаемости мембран клетки, удаление тяжелых металлов из метаболических процессов путем депонирования в фиксированных или нерастворимых формах в различных органах растения.

#### **Список литературы**

1. Али-Заде Г.И. Влияние УФ-С и УФ-В излучений на первичные процессы фотосинтеза и каталазную активность в клетках *Dunaliella* // *Современные проблемы науки и образования*. – 2009. – № 4. – С. 18–25.
2. Савельев В.А. Физические способы обработки семян и эффективность их использования // *Сибирский вестник науки*. 1981. – № 5. – С.26–29.
3. Бобрышев Ф.И., Редькин В.М., Стародубцева Г.П., Габриелян Ш.Ж. Влияние магнитных полей на посевные качества семян и продуктивность зерновых культур // *Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур*. – Ставрополь, 1995. – С.33–36.
4. Насибова А.Н. Ахмедов И.С., Халилов Р.И. Влияние УФ радиации на тилакоидные мембраны хлоропластов высших растений // *Научни трудове на русенския университет*. – 2009. – Т. 48, № 1, 2. – С. 171–173.
5. Халилов, Р.И., Гольдфельд М.Г. Влияние ультрафиолетового излучения на электрон – транспортные реакции фотосинтеза // *ДАН СССР*. – 1992. – Т. 325, № 3. – С. 609–612.
6. Ольшанская Л.Н., Халиева А.С., Кузнецова А.А., Титоренко О.В. Влияние обработки семян в постоянном магнитном поле на процессы роста и развития растений и фиторемедиацию ими почвы от катионов меди и свинца // *Вестник Казанского государственного технологического ун-та (КГТУ)*. – 2013. – № 9. – С. 154–159.
7. Алтухов И.В., Федотов В.А., Очиров В.Д. Изменение основных качественных показателей семян пшеницы после воздействия различными облучателями // *Вестник ИрГСХА: сборник научных трудов*. – Иркутск: ИрГСХА, 2010. – Вып. 40 – С. 107–115.
8. Дубров, А.П. Генетические и физиологические эффекты действия ультрафиолетовой радиации на высшие растения. – М.: Наука, 1998. – 224 с.

9. Чеснокова Т.А., Шведова Л.В., Терехова А.С., Невский А.В. Влияние природы солей меди на ее миграционные свойства в системе почва-растение // *Экология и промышленность России*. – декабрь. – 2010. – С. 34–36.
10. Нестерова, А.Н. Действие тяжелых металлов на корни растений. Поступление свинца, кадмия и цинка в корни, локализация металлов и механизмы устойчивости растений // *Биол. науки*. – 1989. – № 9. – С. 72–86.
11. Смирнова Н.В., Шведова Л.В., Невский А.В. Влияние свинца и кадмия на фитотоксичность почвы // *Экология и промышленность России*. – 2005. – апрель. – С. 32 – 35.

**УДК 504:67**

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ И НАПРАВЛЕНИЙ УТИЛИЗАЦИИ  
РЕЗИНОСОДЕРЖАЩИХ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

- © *А.А. Горячева, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *А.Н. Серёдкин, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *Р.А. Дяръкин, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*

**ANALYSIS OF METHODS AND DIRECTIONS OF RECYCLING  
RUBBER-CONTAINING INDUSTRIAL WASTES**

- © *A.A. Goryacheva, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *A.N. Seredkin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *R.A. Dyar'kin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена анализу и оценке существующих методов переработки резинотехнических отходов (РТО), направлений утилизации резиновой крошки из РТО с целью определения наиболее приемлемых и эффективных ресурсосберегающих технологий, необходимых для развития экоиндустрии вторичных сырьевых ресурсов в населенных пунктах.

**Ключевые слова:** резинотехнические отходы, методы переработки и утилизации, резиновая крошка.

The article is devoted to the analysis and evaluation of existing methods of recycling rubber-technical wastes (RTO), directions of utilization of rubber crumb of RTO to determine the most appropriate and effective resource-saving technologies, necessary for the development of the environmental industry secondary raw resources in the settlements.

**Key words:** rubber-technical waste, methods of processing and recycling, rubber crumb.

**E-mail:** goryacheva.pgta@mail.ru; anc1961r@gmail.com; penza-ruslan@mail.ru

Стремительное распространение и увеличение объёмов во всем мире различной потребительской продукции увеличивает нагрузку на окружающую среду накопившимися техногенными отходами. Проблема переработки и утилизации таких отходов с каждым годом становится как в России, так и за рубежом, все более набравшей и актуальной. Между тем, не менее актуальным является вопрос развития технологий, позволяющих вторично использовать продукты переработки отходов в изготовлении новых и востребованных ресурсосберегающих материалов и изделий [4, с. 70].

К числу техногенных отходов относятся резинотехнические отходы, которые должны быть переработаны и утилизированы экологически безопасным путём с момента временного накопления. Привлечение перерабатывающих организаций и заинтересованных инвесторов, подбор инновационных и доступных технологий в совокупности образуют частную модель развития экоиндустрии, обеспечивающую утилизацию РТО в качественном эколого-экономическом отношении (рис. 1).

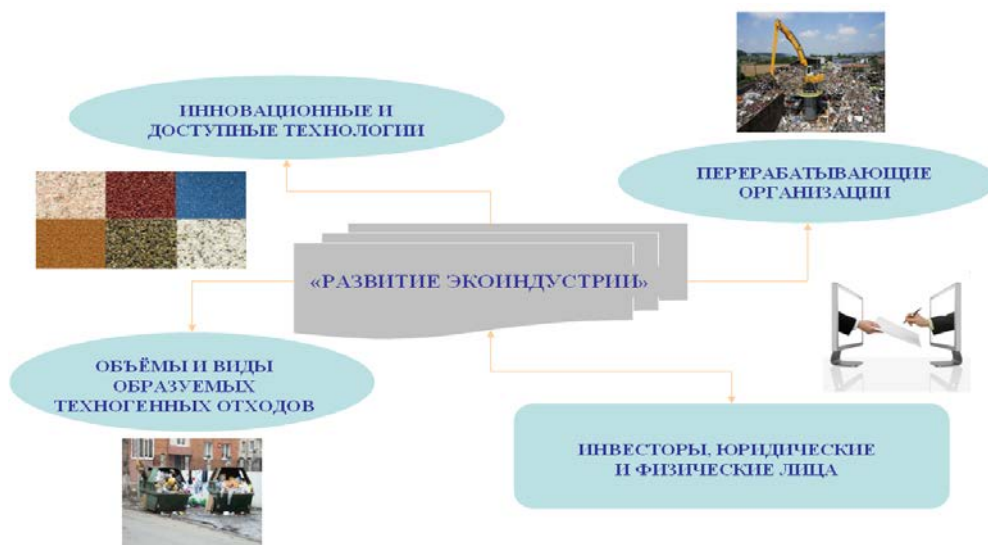


Рисунок 1 – Частная модель развития экоиндустрии, обеспечивающая утилизацию резинотехнических отходов

Каучуковые смеси, технический углерод, кремниевая кислота, масла и смолы, сера, вулканизационные активаторы и экологические наполнители являются основными компонентами резин в резинотехнических отходах.

Процесс размельчения РТО весьма энергозатратный и сложный, как по определению характера, величины и направления нагрузок, так и по трудности качественно-количественного учёта результатов измельчения. Существует множество способов разрушения РТО на компоненты [2, с. 7].

В основу криогенного метода измельчения резиносодержащих отходов, положено низкотемпературное разрушение (дробление) при температурах - 70 °С ... - 95 °С, при этом состояние резины доходит до хрупкого. Дробление при указанных температурах уменьшает энергетические затраты на измельчение, улучшает отделение сопутствующих компонентов РТО от резины, за исключением кожи, повышает выход резиносодержащих продуктов. В качестве вещества, необходимого для охлаждения РТО, в основном используется жидкий азот. Производство больших объёмов жидкого азота финансово не рентабельно, по причине высоких амортизационных затрат. Вместе с тем, увеличение отрицательного диапазона температур до - 90 °С ... - 130 °С, возможно при использовании охлаждающих турбин. Дробление РТО в указанном диапазоне позволяет снизить себестоимость получения холода в 3-5 раза, а удельные энергетические затраты в 2 раза по сравнению с применением азота. Но не смотря на высокую технологическую эффективность, очевидные недостатки криогенного метода ограничивают распространение данной технологии разрушения резин [1, с. 296].

Еще одним из существующих методов разрушения резиносодержащих отходов является бародеструкция. Метод основан на сжижении резины при применении высокого давления. Резиносодержащие компоненты, массой не более 25 кг, поступают на экструзию. Сопутствующие компоненты РТО (металл, кожа, текстиль и т.д.) разделяются между собой и выходят в виде первичных продуктов, в дальнейшем подвергающихся сепарированию и размельчению. Вместе с тем металл извлекается и прессуется. Метод разрушения под давлением является дорогостоящим как на этапе первоначального использования, так и в последующем проведении работ по техническому обслуживанию применяемого оборудования. Указанный способ не позволяет сохранить первичные физико-механические свойства продуктов переработки РТО [2, с. 214].

Общеизвестно, что на протяжении десятилетий учеными предпринимались попытки, чтобы объединить резину с битумами, а в последующем и с асфальтами для её утилизации. Существует ряд технологий прямого ввода резиновых смесей в асфальтные смеси, или резиновой крошки в виде наполнителей для автомобильных дорог. Построены десятки и сотни участков автотрасс, различного рода покрытий, поначалу оправдавшие себя с благоприятными характеристиками. Однако резиновая крошка, размещенная в асфальте, разбухла, что приводило к разрушению созданных покрытий. Резиновая крошка попросту выветривалась и выкрашивалась, загрязняя окружающую среду. Недостатком метода, основанном на вводе резин в битумы при высоких температурах, является также и выброс токсичных и загрязняющих веществ в атмосферу на протяжении всего периода применения технологии.

Доступность технологий, эколого-экономическая эффективность, ресурсосбережение и минимальный вред окружающей среде в процессе утилизации – это те принципы, опираясь на которые необходимо осуществить выбор метода утилизации резиносодержащих техногенных отходов [1, с. 297].

Практически в полном объеме отвечает перечисленным аспектам только метод механического измельчения РТО с получением продуктов их переработки в разделенном и первоначальном физико-химическом состоянии [6, с. 7].

Метод трехкаскадного механического измельчения позволяет быстро и эффективно получать резиносодержащие компоненты стабильных фракций и форм и является практически безотходным.

Направления использования резиновой крошки из РТО являются достаточно распространенными. В зависимости от степени измельчения её применяют с целью производства многообразного рода продукции [5, с. 305].

Резиновая крошка с размерами частиц от 0,15 мм до 0,4 мм (регенерат) используется в виде добавки (от 5% до 20%) в резиновые смеси для изготовления новых автомобильных или массивных шин. Высокоразвитая удельная поверхность частиц (2400-3500 см<sup>2</sup>/г) увеличивает стойкость шин к повторно-механическим воздействиям и ударам, увеличивая при этом срок их эксплуатации. Резиновая крошка с указанным размером частиц широко используется в резиновых смесях и при производстве новых шин как заменитель каучука, но при этом регенерат из данной крошки в 4-5 раза дешевле каучука. Следовательно, для использования регенерата в отечественной шинной промышленности очевидна экономическая рентабельность.

Резиновая крошка с размерами частиц от 0,4 мм до 0,6 мм используется в качестве добавки (от 40 до 70%) при изготовлении подошв для обуви. При этом прочность и деформируемость таких резин практически не отличаются от обычной резины, изготовленной из сырых видов каучука.

Резиновая крошка с размерами частиц от 0,6 мм до 1,0 мм применяется для изготовления кровельных материалов и изделий (резинового шифера или рулонной кровли).

Резиновая крошка с размерами частиц от 1 мм до 10 мм применяется при изготовлении: массивных плит для устройства трамвайных и железнодорожных переездов, отличающихся длительностью и надежностью в эксплуатации, хорошей защитой от воздействия агрессивных сред, пониженным уровнем шума и улучшенным дизайном; спортивных площадок с безопасным покрытием; плит для животноводческих помещений и т.д.

Одним из эффективных направлений применения резинового порошка является изготовление антикоррозионных паст, которые наносятся для защиты от коррозии на днища автомобилей и другие металлические изделия.

Резиновая крошка с размером частиц от 100 мкм до 200 мкм применяется для гидроизоляции пластов земли при добыче нефти, что приводит к снижению нефтепроницаемости с проникновением в почвенный покров.

Методом горячего прессования резиновой крошки, смешанной с добавками агентов вулканизации либо с порошком полиэтилена, получают пористые массивные резиновые плиты. Такие плиты можно использовать в жилищном хозяйстве в качестве термозащиты и звукоизоляции перекрытий, а также при наложении полов [3, с. 102].

Вместе с тем, возможно также применение резиновой крошки из РТО в следующих ресурсосберегающих материалах и изделиях:

- напольных коврикх (в виде добавок от 10 до 80%);
- покрытий теннисных кортов и детских площадок (в виде добавок до 80%);
- железнодорожных шпал (в виде добавок до 60%);
- водоотталкивающих покрытий (в виде добавок до 40%);
- резинотехнических изделий для автомобилей (в виде добавок до 25%).

Распространение и доработка ресурсосберегающих технологий по представленной частной модели развития экоиндустрии не только будут способствовать минимизации резинотехнических отходов, но и принесут прибыль в местные бюджеты каждого региона страны, улучшат потребительские свойства отечественной продукции, станут предпосылкой создания рабочих мест при производстве новых конкурентоспособных ресурсосберегающих материалов и изделий [3, с. 168].

#### **Список литературы**

1. Бакалин Ю.И. Экологическая безопасность при внедрении энергосберегающих технологий. // *Экология – образование, наука, промышленность и здоровье. Сборник докладов IV Международной научно – практической конференции.* – Белгород, 2011. – С. 295–297.
2. Бобович Д.Д., Девяткин В.В. *Переработка отходов производства и потребления* // Справочное издание. – М., 2000. – 496 с.
3. Горячева А.А., Дярькин Р.А. Экологическое моделирование утилизации резинотехнических отходов // *Молодой ученый.* – 2013. – № 8. – С. 167-169.
4. Дярькин Р.А. Применение отходов автотранспортного комплекса в качестве вторичного сырья при производстве строительных материалов. // *Сборник трудов Международной конференции «Теория и практика повышения эффективности строительных материалов».* – Пенза: ПГУАС, 2011. С. 70–72.
5. Мизгирев Д.С., Курников А.С., Молочная Т.В. Создание современных средств минимизации антропогенной нагрузки на окружающую среду. // *Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов: сборник трудов III Международного экологического конгресса «ELPIT-2011».* – Тольятти: ТГУ, – 2011, Т. 6. – С. 302 – 305.
6. Плотников Р.С. Измельчение покрышек с помощью дискового ножевого устройства // *Экология и промышленность России.* – 2008. – С. 6–7.

УДК 681.3; 615.4

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ БОЛЬНОГО В МЕДИЦИНЕ  
КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ**

- © *А.И. Сафронов, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *Т.В. Истомина, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *А.В. Минкин, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *А.А. Лукьянова, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*

**VISUALIZATION PARAMETERS OF PATIENT'S CONDITION IN EMERGENCY  
MEDICINE**

- © *A.I. Safronov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *T.V. Istomina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *A.V. Minkin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *A.A. Lukyanova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена обоснованию методики визуального представления врачу параметров больного. Методика использована при интенсивной терапии у 34 больных с терминальной фазой перитонита и у 38 хирургических больных без перитонита. Сделан вывод о перспективности данной методики в медицине критических состояний.

**Ключевые слова:** медицина критических состояний, мониторинг, визуализация параметров.

Article is devoted to the justification of the methods of the Visual representation of the doctor patient settings. The technique used in intensive therapy in 34 patients with Terminal phase of peritonitis and 38 surgical patients with peritonitis. The prospect of the techniques in emergency medicine.

**Key words:** medicine, critical States, monitoring, visualization settings.

**E-mail:** komandor.penza@rambler.ru

Объединение клинических и формализованных (математических) методов в процессе установления диагноза, требование оперативности в поддержке принятия врачебных решений (что очень важно в медицине критических состояний) побудило врачей-реаниматологов искать новые пути протоколирования лечебно-диагностического процесса, отличающиеся от традиционного ведения истории болезни. В середине 80-х годов XX века решение этой проблемы представлялось весьма перспективным, поскольку открывались широкие возможности для использования информационных технологий. Сделать это можно было на основе визуализации и когнитивной графики [8]. При этом предполагалось уменьшить поток цифровой информации, идущий к лечащему врачу [13, 14].

Термин «визуализация» впервые прозвучал в 1986 г. на заседании Комитета по графике, обработке изображений и рабочим станциям при Национальном научном фонде США [8]. Направление бурно развивалось как зарубежными [9-12, 14], так и отечественными исследователями [1-6]. Вначале величины отклонения параметров характеризовались в основном качественно – стрелками: «больше», «меньше», «увеличилось», «уменьшилось». Создавалась образная, быстро воспринимаемая, хорошо запоминающаяся и легко узнаваемая картина расстройств. Однако с увеличением учитываемых параметров организма больного вследствие развития арсенала диагностических средств качественные характеристики уже не могли удовлетворить требования клинициста – появилась потребность в количественных характеристиках.

С другой стороны, клиницист попал в парадоксальную ситуацию, когда «мы все больше узнаем о все более малом, пока не будем знать все ни о чем». В этих условиях практические врачи нашли оригинальный выход, поскольку в процессе мониторинга реаниматолог отслеживает не отдельные параметры, а определённые их совокупности – синдромы,

которые являются некоторыми интегральными характеристиками, объединяющими несколько параметров.

Для клинициста, как правило, бывает более важным установление момента, когда значение параметра достигло определенного качественного уровня, чем констатация его абсолютной величины. Подобный подход к интегральной оценке состояния пациента имеет ряд преимуществ. Одно из них заключается в том, что вниманию клинициста представляется не все множество определяемых параметров (у реанимационного больного их более 100), а только те из них, которые отклоняются от своих среднестатистических для данной патологии значений, установленных для каждой конкретной патологии путем экспертных оценок. При этом степени отклонений любых параметров сравнимы между собой в отличие от их абсолютных значений. [6]. Однако подобная методика в клинических условиях оказалась весьма громоздкой по двум причинам:

1) каждая нозологическая единица требовала составления отдельного справочника для перевода количественных значений параметров в их качественные характеристики («нозологическая норма», «незначительные отклонения от нозологической нормы», «значительные отклонения от нозологической нормы», «запредельные отклонения») на основе экспертных оценок врачей-реаниматологов, что требовало длительного времени – 5-7 лет;

2) составление визуальной картинки «вручную» на основе отработанного справочника представляет собой нелегкую задачу для любого врача, поэтому эту методику использовали только в особо важных случаях при ретроспективных анализах лечебно-диагностического процесса.

По-видимому, именно поэтому реально работающих программных средств, основанных на таком подходе к интегральной оценке состояния больного, в современных реанимационных отделениях не существует.

Нами была разработана методика для визуального представления параметров реанимационного больного на основе экспертных оценок специалистов-реаниматологов [7]. Методика использована при интенсивной терапии у 34 больных с терминальной фазой перитонита и у 38 хирургических больных без перитонита.

Таким образом, на визуальной модели синдрома можно сразу определить его структуру и степень отклонения каждого параметра (определить «конфигурацию» синдрома). Это является не только существенным преимуществом в условиях жесткого ограничения по времени, но и дает возможность врачу оперативно принимать решения по своевременной диагностике и выбору тактики интенсивной терапии у каждого конкретного пациента. Визуальное представление динамики патологических синдромов в конечном счете играет существенную роль в повышении эффективности терапии в медицине критических состояний.

#### **Список литературы**

1. Васильков В.Г., Сафронов А.И., Келина Н.Ю., Осинькин Д.В. *Использование компьютерных технологий для моделирования в медицине критических состояний // Сборник трудов 7 международной конференции и дискуссионного научного клуба: Новые информационные технологии в медицине и экологии IT+ME 2000 – Украина, Крым, Гурзуф, 2000. – С. 35-37.*
2. Красникова Л.И. *Оценка состояния биосистемы и статистическая теория связи // Кибернетика и вычислительная техника. 1988. – Вып. 78. – С. 99-103.*
3. Лаврентьев А.А. *Прогнозирование состояния и рационализация лечения кардиохирургических больных в послеоперационном периоде в условиях перехода к инновационным медицинским технологиям: Автореф. дисс. ...докт. мед. наук. – Воронеж, 2001. – 52 с.*
4. Лищук В.А., Мосткова Е.В. *Математическая модель сердца для интенсивной терапии и острого физиологического эксперимента // Применение математических моделей в клинике сердечно-сосудистой хирургии. – М.: Машиностроение, 1980. – С.49-61.*
5. Неймарк Ю.И., Баталова З.С., Васин Ю.Г., Бредо М.Д. *Распознавание образов и медицинская диагностика. – М.: Наука, 1972. – 328 с.*



6. Сафронов А.И. Интенсивная терапия критических состояний у больных гнойно-септическими заболеваниями с использованием информационных технологий: Автореф. дисс. ... докт. мед. наук. – Саратов, 2002. – 56 с.
7. Сафронов А.И., Истомина Т.В., Минкин А.В., Якупова Э.Д. Визуальное представление параметров реанимационного больного в процессе интенсивной терапии // XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего <sup>плюс</sup>. Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2013. – №09(13). Т.2. – С. 122-127.
8. Domik G.O. The role of visualization in understanding data // *Lechmere notes on computer science "New trends and result in computer"* – Springer Verlag, 1993. –P.91-107.
9. Foley F., Campbell W., Haber R., Gurwitz R. Effective software systems for scientific data visualization // *Comput. Grafics*, 1989. – V.23, N5. – P. 111-136.
10. Haber R.B., McNabb D.A. Visualization idioms: a conceptual model for scientific visualization systems // *Visualization in scientific computing*. Ed. by Nelson G.M., Shriver B. – IEEE Computer Society Press, 1990.
11. Kaufman A.E., Nielson G.M., Rosenblum L.J. The visualization revolution // *IEEE Comp. Graph. & Appl*, 1993. – V.13, N4. – P.16-17.
12. Kirkin J.W., Barratt-Boyes. *Cardiac Surgery*. – New York: Willey medical.- 1985. – P.1584.; Schultz B. Scientific visualization: transforming numbers into computer pictures // *Computer Pict.*, 1988. – №1. – P.11-16.
13. Lipscombe B. *Experts systems and computer-controlled decision making in medicine* // *Ai & Soc.* – 1989. – N3. – P.184-197.
14. Schultz B. Scientific visualization: transforming numbers into computer pictures // *Computer Pict.*, – 1988. – №1. – P.11-16.

#### УДК 314.02

#### АНАЛИЗ ДЕМОГРАФИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

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

#### THE ANALYSIS OF THE DEMOGRAPHIC SITUATION IN THE PENZA REGION

© T.N. Pozdnyakova, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Статья посвящена анализу демографической ситуации в Пензенской области. Рассмотрены в динамике показатели естественного движения населения: рождаемость, смертность, естественный прирост населения, младенческая смертность, средняя продолжительность жизни, материнская смертность и т.д. Проанализирована структура причин смерти жителей Пензенской области в целом и трудоспособного населения в частности. Выявлены причины сокращения численности населения региона.

**Ключевые слова:** демография, рождаемость, смертность, миграция, движение населения, демографическая старость.

Article is devoted the analysis of a demographic situation in the Penza region. Indicators of natural movement of the population are considered in dynamics: birth rate, death rate, a population natural increase, infantile death rate, average life expectancy, parent death rate Is etc. Analysed structure of causes of death of inhabitants of the Penza region as a whole and able-bodied population in particular. The reasons of reduction of population of region are established.

**Key words:** demography, birth rate, death rate, migration, population movement, demographic old age.

**E-mail:** tanjapozd@mail.ru

По мере развития общества проблема демографического кризиса с каждым годом становится всё более актуальной и является важнейшей национальной проблемой не только России, но и многих государств мира.

Сложившаяся демографическая ситуация и наблюдаемые тенденции её развития вызывают беспокойство как учёных-демографов и общественных деятелей, так и руководства страны [1, 4].

Демографическая ситуация в Пензенской области, несмотря на увеличение рождаемости и снижение смертности, во многом повторяет общероссийские закономерности и вызывает серьёзные опасения органов местной власти. Для выявления тенденций развития демографической ситуации региона возникает острая необходимость комплексного анализа демографических показателей, т.к. на их основе разрабатываются меры медицинского и социального характера, направленные на обеспечение благоприятного развития демографических процессов и улучшение здоровья населения области.

Динамика численности населения Пензенской области приведена на рисунке 1, на основе данных которого можно сделать вывод о неуклонном снижении численности региона. С каждым годом численность населения Пензенской области сокращается (с 1500,2 тыс. чел. в 2001 году до 1368,9 тыс. чел. 2013 году). За тринадцать анализируемых лет количество жителей Пензенской области сократилось на 131,3 тыс. человек.

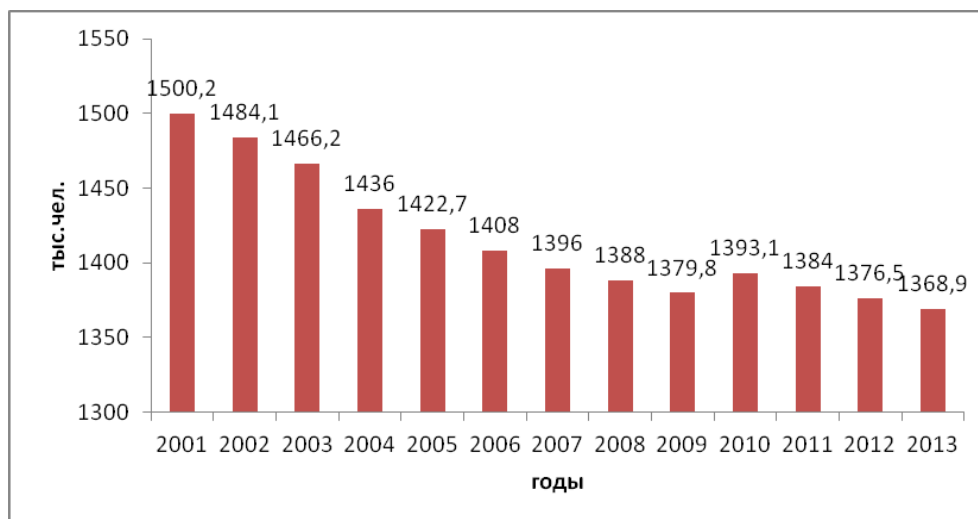


Рисунок 1 – Динамика численности населения Пензенской области

По данным Пензенского аналитического центра сокращение численности населения происходит из-за естественной миграционной убыли населения (табл. 1). К процессам, характеризующим демографическое поведение, относится миграция населения. Под миграцией понимают перемещение людей через границы тех или иных территорий с переменной места жительства навсегда или на более или менее длительное время.

Таблица 1 – Изменение численности населения Пензенской области

Показатель	Годы												
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Естественный прирост (убыль), тыс.чел.	-14,2	-13,6	-13,9	-13,6	-13,5	-13,9	-11,9	-9,0	-8,4	-7,6	-7,9	-7,1	-5,5
Миграционный прирост (убыль), тыс.чел.	-1,9	-4,3	-3,1	0,4	0,3	-0,8	-0,1	1	-0,2	1	-1,2	-0,4	-2,2

Миграция оказывает значительное влияние на структуру населения, т.к. происходят изменения в уровне и структуре заболеваемости, смертности населения, деформируется возрастная структура, изменяется экологическая и эпидемиологическая ситуация в регионах. Помимо этого, миграционные процессы оказывают негативное влияние на здоровье населения. Сменившие место жительства из-за частой необустроенности нового жилья, длительной адаптации к новым социальным, экономическим, природно-климатическим и другим условиям часто болеют [2]. В Пензенской области ежегодно снижается доля сельского населения в общей численности населения, это является частично следствием оттока населения из села в город, особенно молодёжи. Миграция из села в город приводит к созданию возрастно-половых диспропорций. Отток молодёжи ведёт к снижению рождаемости в сёлах, а также приводит к старению населения, что в свою очередь обуславливает более высокую смертность сельского населения в сравнении с городским.

Для определения перспектив роста населения, воспроизводства трудовых ресурсов, анализа данных о заболеваемости и смертности, необходимо знать распределение населения по полу, возрасту и тип возрастной структуры.

В настоящее время в области имеет место выраженный процесс старения населения, так называемая – демографическая старость. Средний возраст жителей Пензенской области составляет 41,2 года, что на 2,1 года старше средних показателей по стране. Численность лиц старше трудоспособного возраста в 1,8 раза больше численности детей в возрасте от 0 до 17 лет, т.е. каждый четвёртый житель области находится в пенсионном возрасте. Данные показатели свидетельствуют о регрессивном типе возрастной структуры населения. Старение населения увеличивает нагрузку на трудоспособную часть, систему здравоохранения и социального развития региона.

К основным показателям естественного движения населения относятся: рождаемость, смертность, естественный прирост, младенческая смертность, средняя продолжительность жизни, материнская смертность. Уточняющими показателями естественного движения населения являются: плодовитость, смертность детей до пяти лет, перинатальная смертность, материнская смертность.

Рождаемость – процесс возобновления новых поколений, в основе которых лежат биологические факторы, влияющие на способность организма к воспроизводству потомства. Для характеристики уровня рождаемости применяется общий показатель рождаемости, который рассчитывается на 1000 населения и равен отношению общего числа родившихся за год живыми к среднегодовой численности населения.

По данным Минздравсоцразвития Пензенской области рождаемость в регионе за 2012 год возросла с 10,1 до 10,8 человек на 1000 населения. Всего за 2012 год родилось 14777 детей, что на 900 больше, чем в 2011 году. Наиболее высокая рождаемость в 2012 году отмечена в Бессоновском, Городищенском, Колышлейском и Пензенском районах (рис. 2).

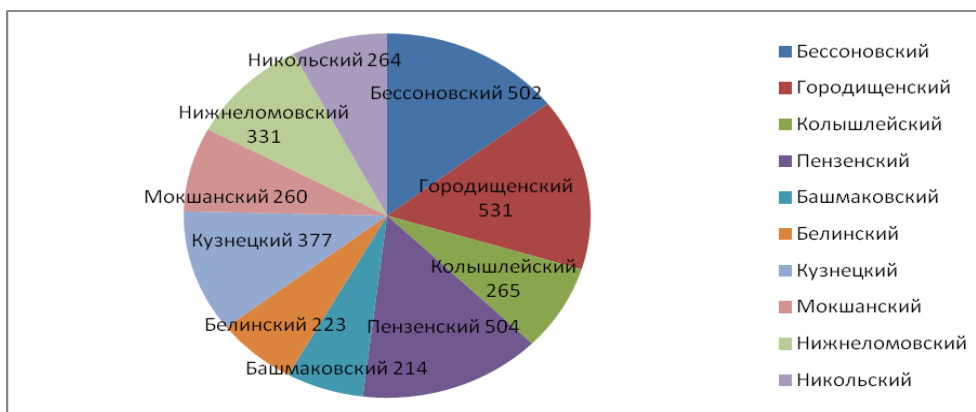


Рисунок 2 – Число родившихся детей по районам области, чел.

Самые низкие показатели рождаемости на 1000 населения наблюдаются в Вадинском – 6,1; Малосердобинском – 8,4; Пачелмском – 7,0; Иссинском – 10,8 районах области. В целом уровень рождаемости в Пензенской области характеризуется как низкий.

Смертность населения относится к важнейшим статистическим показателям, характеризующим санитарное состояние населения. Данный демографический показатель рассчитывается на 1000 населения и показывает частоту смертей среди всего населения и рассчитывается как частное от деления общего числа умерших за год на среднегодовую численность населения. В Пензенской области смертность значительно превышает рождаемость, но радует тот факт, что за последнее время естественная убыль населения стала сокращаться. Так в 2012 году умерло 20419 человек, что на 569 человек меньше, чем в 2011. Отмечено снижение и коэффициента смертности с 15,2 ‰ до 14,9 ‰. Высокие показатели смертности сохраняются в Земетченском – 20,8‰; Сосновоборском – 19,5‰; Шемьшейском – 19,2‰; Бековском – 19‰; Наровчатском – 18,7‰; Лунинском – 18,4‰; Иссинском – 18,4‰; Тамалинском – 18,0‰ районах.

Уровень и структура смертности обусловлены сложным взаимодействием многих факторов, среди которых значительную роль играют социально-экономические и экологические. Основными причинами смерти в наши дни являются болезни так называемого эндогенного типа, т.е. связанные с нарушением деятельности важнейших систем организма. Динамика смертности населения Пензенской области по основным классам приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Смертность населения Пензенской области от отдельных причин смерти, чел.

Причины смерти	2011 год		2012 год	
	всего	трудо- способное население	всего	трудо- способное население
<b>Всего умерших</b> в т.ч.	20979	4935	20419	4569
от болезней кровообращения	13403	1652	13286	1499
от несчастных случаев, отравлений и травм	2136	1523	1907	1344
от новообразований	2958	754	2894	765
от болезней органов дыхания	647	206	514	148
от болезней органов пищеварения	848	319	881	382
от инфекционных и паразитарных болезней	148	120	140	105
от болезней нервной системы	146	82	147	82
от хронического алкоголизма	24	17	25	20
другие причины смерти	680	279	637	244

В структуре причин смерти жителей Пензенской области ведущее место на протяжении многих лет занимают болезни системы кровообращения – 65,1 %, на втором месте – смертность от новообразований – 14,2, на третьем – несчастные случаи, отравления и травмы – 9,3%. Необходимо отметить, что наблюдается тенденция сокращения смертности по всем наиболее распространённым классам причин смерти, кроме новообразований и болезней органов пищеварения: болезни системы кровообращения на 0,6 %; несчастные случаи на 10,5 %; болезни органов дыхания на 20,5 %.

За анализируемый период в целом по области отмечена тенденция уменьшения доли умерших лиц трудоспособного возраста на 2,7 %, что в определённой мере связано с реформированием системы здравоохранения, проведением обязательной диспансеризации, расширением профилактической работы с населением и открытием медицинских центров коммерческого типа (за последнее время в области открыто более 45 медицинских центров и клиник, оказывающих платные медицинские услуги различного типа) [3].

В структуре смертности трудоспособного населения первое место занимают болезни системы кровообращения – 32,8 % в 2012 г.; в 2011 – 33,5 %, на втором месте смерти от

несчастных случаев, отравлений и травм – 29,4 и 30,9 % соответственно. В 2012 г. отмечено увеличение смертности населения трудоспособного возраста: от новообразований на 1,4 %, от болезней органов пищеварения на 1,9%. По данным Пензенского информационно-аналитического центра, смертность трудоспособного населения ниже областной зафиксирована в г. Пензе, Бековском, Каменском, Кузнецком, Лопатинском, Малосердобинском, Нижеломовском и Спасском районах области.

Ещё одними из важных показателей, характеризующим демографическую ситуацию, являются показатели детской и младенческой смертности, которые служат одними из критериев оценки санитарного благополучия населения, уровня и качества медицинской помощи, в т.ч. акушерской и педиатрической службы [2]. В 2012 г. в области умерло 168 детей, что на 10,7 % меньше, чем в 2011 г. Среди причин детской смертности ведущее место занимают перинатальная патология – 42 случая в 2011 г. и 68 случаев в 2012 г.; на втором месте – несчастные случаи, отравления и травмы – 42 случая в 2011 г., 35 случаев в 2012 г.; на третьем месте – врождённые аномалии – 23 случая в 2011 г., 25 случаев в 2012 г. Кроме этого, в 2012 г. наблюдается увеличение смертности детского населения от врождённых аномалий на 8%, новообразований на 8%, от инфекционных и паразитарных болезней на 6,7 %.

Особую социальную значимость имеет проблема младенческой смертности, которая характеризует смерть новорожденных детей от рождения до исполнения одного года. Динамика показателей младенческой смертности в Пензенской области приведена на рисунке 3.

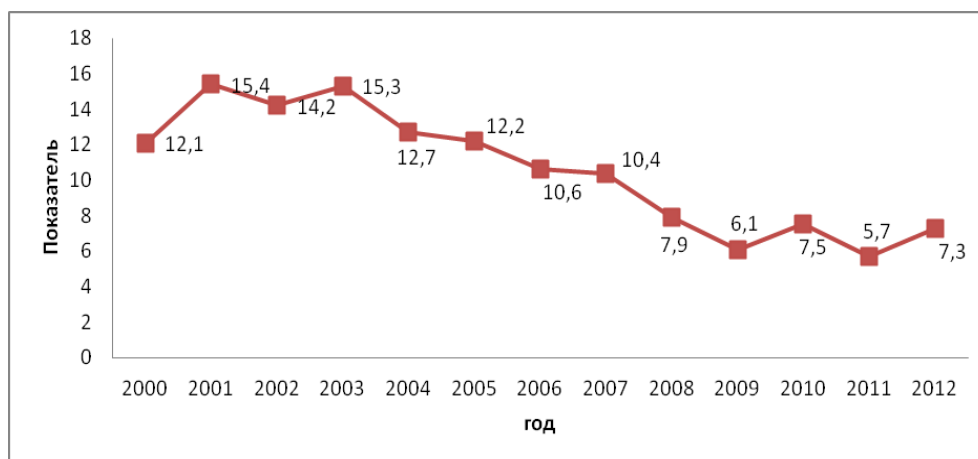


Рисунок 3 – Динамика показателя младенческой смертности в Пензенской области

Показатель младенческой смертности в регионе значительно ниже, чем в Приволжском Федеральном округе и в целом по Российской Федерации. По данным Пензастата, младенческая смертность в Пензенской области в 2012 г. составила 7,3 умерших на 1000 родившихся; в Российской Федерации – 8,7.

В сравнении с 2011 г. зафиксировано увеличение младенческой смертности в области в 2012 г. на 32,9 %. Рост объясняется тем, что с 1 января 2012 года приняты новые критерии новорожденности (срок беременности 22 недели и более, вес новорожденного 500гр. и более). При использовании старых критериев оценки данный показатель составил – 5,9 %. Всего в 2012 г. умерло 105 младенцев. Структура младенческой смертности выглядит следующим образом: смертность от перинатальных причин (гипоксия, асфиксия, родовая травма, внутриутробная инфекция и т.д.) – 64,8 %; от врождённых аномалий – 18,1 %; от симптомов, признаков и отклонений от нормы – 6,7 %.

В 2012 г. в 11 районах области, таких, как Башмаковский, Белинский, Вадинский, Иссинский, Лопатинский, Наровчатский, Неверкенский, Никольский, Пачелмский, Сосновоборский, Спасский, случаев младенческой смертности не было

зафиксировано. Наибольшие показатели отмечены в Каменском, Бековском и Городищенском районах – 22,9; 17,1; 14,5 ‰ соответственно.

К демографическим показателям, уточняющим общий показатель смертности, относится материнская смертность. Данный показатель позволяет оценить все потери беременных (аборты, внематочная беременность, акушерская и экстрагенитальная патология), а также рожениц и родильниц в течении 42 дней после беременности. По рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) показатель материнской смертности рассчитывается на 100000 живорождённых. Динамика материнской смертности в Пензенской области и РФ приведена на рисунке 4.

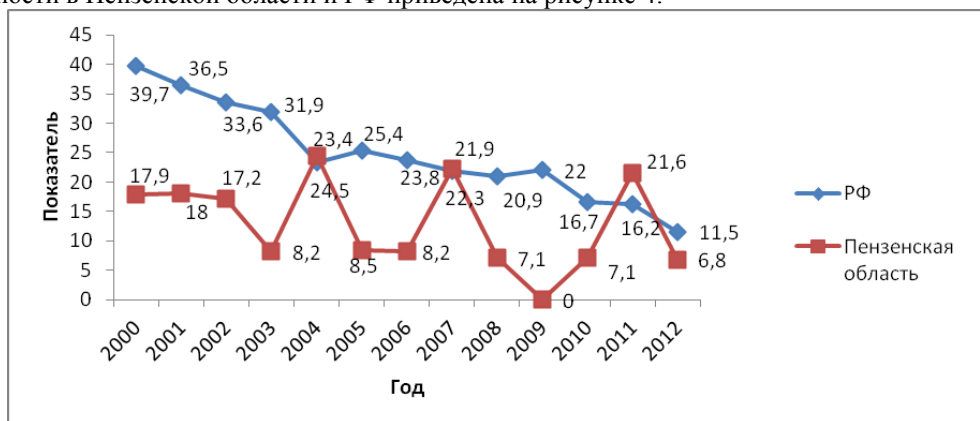


Рисунок 4 – Динамика материнской смертности в Пензенской области и РФ

Из рисунка видно, что материнская смертность в Пензенской области практически по всем исследуемым годам, кроме 2004, 2007 и 2011г. ниже, чем в среднем по РФ. В 2012 г. данный показатель в РФ составил 11,5 на 100000 родившихся живыми, что на 29,0 ‰ ниже, чем в 2011 г. В Пензенской области показатель материнской смертности снизился на 68 ‰. За период с 2005 по 2012 годы в РФ материнская смертность уменьшилась 3,4 раза, в Пензенской области – в 2,6 раза. Снижение достигнуто за счёт строительства новых перинатальных центров, мероприятий, связанных с улучшением финансирования здравоохранения (приобретение нового медицинского оборудования), реализации программы «Родовой сертификат», который способствует улучшению оснащённости акушерских стационаров и более качественной, заинтересованной работе медицинских работников.

Таким образом, несмотря на значительные улучшения в культурном, социальном, политическом и экономических уровнях развития региона, внедрения федеральных и региональных программ, демографическая ситуация в области продолжает оставаться достаточно сложной. Проведённый анализ показал, что в области наблюдается высокая смертность населения (прежде всего трудоспособного возраста), низкая продолжительности жизни, низкий уровень рождаемости и старение населения.

#### **Список литературы**

1. Амосов И.Н. Показатели демографического кризиса в контексте национальной безопасности российской федерации // *Армия и общество*. 2009. № 4. С. 36-42.
2. Зайцев В.М., Лифляндский В.Г., Маринкин В.И. *Прикладная медицинская статистика*. – СПб: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2003. – 232 с.
3. Позднякова Т.Н. Исследование рынка платных медицинских услуг г. Пензы // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Научно-методический журнал*. – 2013. – Т. 2 № 09(13). – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. Уни-та., 2013. – С. 333-338.
4. Сурмай З.А. Влияние экологической ситуации на демографические показатели Кемеровской области // *Актуальные вопросы экономики и управления: материалы междунаро. научн. конф. Т 2*. – М.: РИОР, 2011.

УДК 616.1:502

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ КЛИНИКО-БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА  
У БОЛЬНЫХ ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЬЮ  
С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФОНА РЕГИОНА**

© *Н.Ю. Келина, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*

© *Т.Ю. Мамелина, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*

© *С.Н. Чичкин, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*

**METHOD OF CONDUCTING A CLINICAL AND BIOCHEMICAL ANALYSIS  
IN HYPERTENSIVE PATIENTS WITH REGARD  
TO ECOLOGICAL BACKGROUND OF THE REGION**

© *N.J. Kelina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© *T.J. Mamelina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

© *S.N. Chichkin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Методика проведения клинико-биохимического анализа с учетом экологического фона региона может послужить оценке и мониторингу развития кардиологических заболеваний с учетом иммуно-биохимического анализа в группе пациентов, проживающих в конкретном регионе.

**Ключевые слова:** клинико-биохимический анализ, естественные антитела, загрязнение атмосферного воздуха, предельно допустимая концентрация.

The carrying out technique clinic – the biochemical analysis taking into account an ecological background of the region can serve an assessment and monitoring of development of cardiologic diseases with the account immuno – the biochemical analysis in group of the patients living in the concrete region.

**Key words:** clinical and biochemical analysis, natural antibodies, air pollution, the maximum allowable concentration.

В современной биологии и экологии применение клинико-биохимического анализа с учетом экологического фона региона позволяет внедрять в практику лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) систему оценки и прогнозирования возникновения и течения патологического процесса в организме человека. Сложность биохимических процессов в организме и описывающих их поведение в организме привела к необходимости использования специализированных информационных систем при диагностировании и мониторинге пациентов с кардиологической патологией. Успешно разрабатываются и внедряются в практику ЛПУ новые диагностические параметры оценки регуляторных процессов в организме человека.

Перспективным направлением в прогнозировании возникновения и течения кардиологических заболеваний человека является учет экологического фона регионов мест проживания. Данный подход позволит обеспечить накопление и обработку массива конкретных параметров исследований, в том числе и диагностических клинико-лабораторных тестов. Постановка диагноза заболевания основана на использовании Международного статистического классификатора болезней (МКБ – 10). В методах прогнозирования состояния пациентов с кардиологической патологией производится учет параметров оценки экологического фона проживания больных [2, 4].

Методика клинико-биохимического анализа с учетом экологического фона региона предусматривает проведение трех частей:

- экспериментальная часть содержит фактические сведения, полученные в экспериментах и наблюдениях, а также из первичной систематизации;
- теоретическая часть развивает основные концепции, позволяющие объединить и объяснить с единых позиций эмпирические закономерности и явления;

- математическая часть служит для проверки основных теоретических концепций и дает методы обработки экспериментальных данных и планирования экспериментов и наблюдений.

Данный подход стимулирует накопление фактического материала, уточняет направление экспериментов, планирование экспериментов и наблюдений и обработка их результатов.

При обработке результатов экспериментов и наблюдений применяют три основные статистические задачи:

1. оценка параметров распределения – среднего, дисперсии и т.д.;
2. сравнение параметров разных выборок;
3. выявление статистических связей – корреляция.

Методика проведения клинико-биохимического анализа с учетом экологического фона региона может послужить оценке и мониторингу развития кардиологических заболеваний с учетом иммуно-биохимического анализа в группе пациентов, проживающих в конкретном регионе [3,4].

Целью работы является – на основе клинико-биохимического мониторинга больных с кардиологическими заболеваниями разработать методику проведения клинико-биохимического анализа с учетом экологического фона места проживания.

Для этого применялись следующие материалы и методы – проведено обследование 45 пациентов с диагнозом гипертоническая болезнь. Из них мужчин – 20 человек, женщин – 25 человек. Средний возраст составлял  $50 \pm 7,3$  лет и группа из 41 человека – практически здоровые люди без клинических проявлений кардиологических заболеваний (по данным амбулаторного обследования) в возрасте  $38 \pm 7,3$  лет.

В сыворотке крови анализируемых больных проводился спектр клинико-лабораторных анализов, традиционно используемых в практике ЛПУ. С помощью иммуноферментного метода проведено сравнительное определение уровня естественных антител (е-АТ), специфически взаимодействующих с эндогенными биорегуляторами. Определяли уровень е-АТ, специфически реагирующий с пептидами: брадикинином, серотонином, дофамином и гистамином и  $\beta$  – эндорфином. Таким образом, обследование включало 25 параметров, отражающих клиническое состояние периферической крови, биохимических показателей функционирования печени и почек и исследования уровня е-АТ к эндогенным биорегуляторам.

Оценка уровня загрязнения атмосферы выражается через концентрацию примесей путем сравнения ее с гигиеническими нормативами. Наиболее распространенными критериями оценки качества атмосферного воздуха является предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в этой среде. Предельно допустимая концентрация – это максимальная концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе, при превышении которой отмечается ее негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду [1,5].

Статистический анализ проведен с применением пакета программ IBM SPSS, 20 для научных исследований. Нормальность распределения проверяли с применением теста Шапиро-Уилка и Лиллифорса. Сравнение между группами было выполнено с использованием критерия Манна-Уитни. Результаты исследований оценивали с использованием средней арифметической величины (M), стандартной ошибки среднего ( $\sigma$ ). Для выявления связи между изучаемыми величинами применяли коэффициенты корреляции Спирмена и Кендалла. Для принятия гипотезы применяли уровень достоверности 95% ( $p = 0,05$ ).

Результаты и обсуждение. Определение 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.



Таблица 1 – Гематологические параметры у больных гипертонической болезнью

Анализируемые параметры	Значение показателей (M±σ)	
	группа доноров (контрольная группа)	гипертоническая болезнь (1-ая группа)
	n=41	n=45
Гемоглобин (г/л)	134±2,07	143,4±9,93
Эритроциты (10 <sup>12</sup> /л)	4,3±0,06	4,7±0,15*
Лейкоциты (10 <sup>9</sup> /л)	5,2±0,35	6,7±1,2*
Цветной показатель (ед.)	0,9±0,01	0,91±0,14
СОЭ (мм/ч)	8,3±0,61	15,2±1,02*
Эозинофилы (%)	1±0,39	1,8±0,37*
Палочкоядерные нейтрофилы (%)	2,7±0,37	2,3±0,48
Сегментоядерные нейтрофилы (%)	59,3±1,43	57,2±2,36
Лимфоциты (%)	35,5±1,58	33,5±2,09
Моноциты (%)	1,9±0,27	3,2±0,32*

Примечание: \* p < 0,05 по отношению к группе доноров (контрольной группе)

При анализе показателей периферической крови отмечено достоверное повышение эозинофилов – на 87%, СОЭ – на 82%, моноцитов – на 64%, лейкоцитов – на 30% и снижение палочкоядерных нейтрофильных клеток – на 18%, по отношению к цифрам в контрольной группе пациентов (табл. 1).

Таблица 2 – Биохимические параметры сыворотки крови больных гипертонической болезнью

Анализируемые параметры	Значение показателей (M±σ)	
	группа доноров (контрольная группа)	гипертоническая болезнь (1-ая группа)
	n=41	n=45
мочевина (ммоль/л)	4,1±0,36	5,2±1,01*
креатинин (мкмоль/л)	84,6±1,53	105,6±2,61*
билирубин (мкмоль/л)	16,8±3,37	13,5±2,6
глюкоза (мкмоль/л)	4,6±0,08	5,3±0,81
холестерин (мкмоль/л)	4,5±0,17	5,2±0,82
АсАТ (нмоль/с×л)	16,5±1,12	26,3±1,12*
АлАТ (нмоль/с×л)	15,8±1,27	28,1±1,28*
КФК (Ед/л)	109±11,6	119,7±10,8
ЛДГ (Ед/л)	250±3,9	359,5±18,4*
Триглицериды (ммоль/л)	1,03±0,1	1,3±0,22

Примечание: \* p < 0,05 по отношению к группе доноров (контрольной группе)

Контроль показателей выявил, что у больных гипертонической болезнью уровень активности ЛДГ составил 359,5±18,4 Ед/л (p < 0,05). Содержание в крови данного фермента на 44% выше, чем у пациентов в контрольной группе. Активность ферментов в крови АсАТ и АлАТ достоверно повышена на 60% и 77% соответственно по сравнению с этими же показателями у доноров.

Нами выявлены достоверные отличия в превышении мочевины – на 27% и креатинина – 25% в сравнении с контрольной группой (табл. 2).

Таблица 3 – Естественные антитела в сыворотке крови больных гипертонической болезнью

Анализируемые параметры (усл.ед.)	Значение показателей (M±σ)	
	группа доноров (контрольная группа)	гипертоническая болезнь (1 группа)
	n=41	n=45
e – АТ к β-эндорфину	32,1±3,9	35,5±5,6
e – АТ к гистамину	31,4±4,3	48,3±6,1*
e – АТ к брадикинину	31,0±4,7	40,8±4,5*
e – АТ к дофамину	33,1±4,4	45,6±5,2*
e – АТ к серотонину	23,1±3,8	54,2±5,8*

Примечание: \* p < 0,05 по отношению к группе доноров (контрольной группе)

Наблюдалось увеличение естественных антител к  $\beta$  – эндорфину на 10%, серотонину – на 54%, брадикинину – на 32% и гистамину – на 38% соответственно по отношению к параметрам сыворотки крови обследованной группы доноров (контрольной группы). Показатели е-АТ к дофамину в анализируемой группе больных были увеличены в 2,3 раза по отношению к аналогичным величинам анализируемых показателей в контрольной группе (доноры) (табл. 3). Эти данные позволили предположить, что выявленные отклонения изучаемых параметров уровня естественных антител к биорегуляторам метаболической цепочки могут служить одними из фоновых величин в оценке состояния больных гипертонической болезнью.

Дополнительным критерием при оценке состояния пациентов с гипертонической болезнью может служить оценка экологического фона региона проживания. Наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха в городе Пензе проводятся на четырех стационарных постах государственной службы наблюдений (ГСН). Посты условно подразделяются на «городские фоновые» в жилых районах (посты 1 и 8), «промышленные» - вблизи предприятий (пост 7) и «авто», вблизи автомагистралей или в районах с интенсивным движением автотранспорта (пост 3).

Проводилось определение в атмосферном воздухе 7 вредных примесей, таких как сероводород – 0,25ПДК, формальдегиды – 3,0ПДК, бенз (а) пирен – 1,3ПДК, фенол – 1ПДК, хлорид водорода – 0,3ПДК, диоксид серы – 0,3ПДК, диоксид и оксид азота – 0,6ПДК, превышение которых неблагоприятно влияют на состояние здоровья человека (табл.4) [1].

Таблица 4 – Концентрация вредных примесей в атмосферном воздухе в местах проживания больных с кардиологической патологией

Вредные примеси	Содержание в атмосферном воздухе (мг/м <sup>3</sup> )			
	Пост №1	Пост №3	Пост №7	Пост №8
Сероводород		0,01		0,01
формальдегиды		0,012		
Бенз (а) пирен		0,046		
Фенол		0,006	0,0063	
Хлорид водорода			2,08	
Диоксид серы	0,065			0,065
Диоксид и оксид азота	0,08			0,08

Применение корреляционного анализа параметров уровня специфических е-АТ в сопоставлении с данными клинико-лабораторных тестов позволило выделить маркерные критерии, характеризующие вклад отдельных иммуно-биохимических параметров в нарушение метаболических процессов в организме больного, страдающего гипертонической болезнью.

Взаимосвязи между исследуемым спектром естественных антител и клинико-биохимическими параметрами у больных, проживающих на территории поста №7 проявились между уровнем е – АТ к  $\beta$ -эндорфину и мочевиной ( $r=0,4$ ;  $p<0,05$ ), к брадикинину и глюкозой ( $r=0,35$ ;  $p<0,05$ ), к дофамину, серотонину и эозинофилами ( $r=0,4$ ;  $p<0,05$ ).

Корреляционный анализ между показателями уровня е-АТ и клинико-биохимическим спектром у больных, проживающих на территории поста №8, проявился между уровнем е – АТ к гистамину и глюкозой ( $r=0,4$ ;  $p<0,05$ ) и к дофамину и эозинофилами ( $r=0,4$ ;  $p<0,05$ ).

При анализе показателей уровня естественных антител и клинико-биохимического спектра у больных с гипертонической болезнью, проживающих на постах № 1, 3, корреляционной зависимости не выявлено.

Для разработки методики проведения клинико-биохимического анализа с учетом экологического фона региона базируются на использовании Международного статистического классификатора болезней (МКБ 10).

Экспериментальная часть содержит фактические сведения, полученные в наблюдениях клинико-биохимического мониторинга обследования пациентов.

Математическая часть служит для проверки основных теоретических концепций, дает методы обработки экспериментальных данных и планирования наблюдений.

Методика проведения клинико-биохимического анализа с учетом экологического фона исследования больных с кардиологическими заболеваниями разрабатывается с учетом:

- систематических сведений о значениях показателей факторов ПДК атмосферного воздуха;
- накопление первичных данных о проводимых исследованиях с «привязкой» к месту проживания;
- оценивание тенденций в изменении значений оцениваемых показателей и учитываемых факторов;
- статистическую обработку результатов экспериментальных исследований по заданным методам;
- формирование данных для принятия решений.

Данный подход в методике проведения клинико-биохимического анализа с учетом экологического фона региона стимулирует накопление фактического материала, уточняет параметры клинико-лабораторного анализа и обработку массива конкретных данных при исследованиях, планировании наблюдений и обработки их результатов для принятия решений.

#### **Список литературы**

1. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и охраны окружающей среды Пензенской области в 2010 году». П., 2011.
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. Келина Н.Ю., Мамелина Т.Ю., Куликова О.А., Чичкин С.Н. Технология лабораторного контроля пациентов с гипертонической болезнью на основе иммуно-биохимического анализа сыворотки крови // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ. – 2013. – №09(13). – Т.1 – С. 100 – 115.
4. Келина Н.Ю., Мамелина Т.Ю., Куликова О.А., Пушкина В.В., Петроченко С.Н., Морозова В.С., Киселева Р.Ю., Мяжова М.А. Иммуноферментный анализ антител к эндогенным биорегуляторам в сыворотке крови больных артериальной гипертонией: Нейронаука для медицины и психологии: Седьмой Международный конгресс. – Судак. Изд – во «МАКС Пресс», 2011. С.208 – 209.
5. Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Румянцев Г.И. Пути совершенствования методологии оценки риска здоровью от воздействия факторов окружающей среды // Гигиена и санитария. 2006. – № 2. – С. 3 – 5.

УДК 664.002.5

**ОБОСНОВАНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВА ЛОПАСТЕЙ  
МЕШАЛОК ВИБРОКОНВЕЙЕРА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ЗЕРНА**

- © *В.В. Коновалов, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *Е.В. Паужолис, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия  
(г. Пенза, Россия)*
- © *В.П. Терюшков, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия  
(г. Пенза, Россия)*
- © *А.В. Чупшев, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия  
(г. Пенза, Россия)*

**RATIONALE FOR SPEED AND NUMBER AGITATOR BLADES  
VIBROCONVEYOR DISINFECTION GRAIN**

- © *V.V. Konovalov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *E.V. Pauzholis, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)*
- © *V.P. Teryushkov, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)*
- © *A.V. Chupshev, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)*

Представлены результаты лабораторных опытов по определению влияния частоты вращения и количества лопастей разравнивающих мешалок, установленных по длине виброконвейера, на показатели его работы: производительность, мощность привода, температуру нагрева поверхности зерен и энергоемкость подачи зернового вороха.

**Ключевые слова:** обеззараживание зерна, виброконвейер, частота вращения, мешалка, лопасть.

The results of laboratory experiments to determine the influence of speed and number of blades screed mixers installed along the length vibroconveyor on the results of its work: productivity, drive power, the heating temperature of the surface of grains and energy supply of grain heap.

**Key words:** disinfection of grain vibroconveyor, speed, agitator blades.

Для получения качественных кормовых смесей исходное сырье (фуражное зерно) должно соответствовать гигиеническим требованиям на содержание микрофлоры. Поэтому обеззараживание является одной из основных операций послепосевочной обработки зерна и предпосевной подготовки семян. Для обеззараживания зерна применяют различные способы обеззараживания: химические, термические, электрофизические (УФ, ИК излучение, озонирование) и др. [1...8]. Одним из таких перспективных способов является облучение зерна инфракрасным излучением, что позволяет как уничтожить микрофлору на поверхности зерновки, так и при усилении воздействия излучения – прогреть внутреннюю структуру зерна, обеспечив изменение свойств питательных веществ. При интенсивном воздействии излучения возможна микронизация зерновки и, тем самым, получение и нового продукта.

Для обеззараживания зерна разработана и изготовлена лабораторная установка устройства термического обеззараживания зерна (рис. 1). Она состоит из рамы виброконвейера (в составе виброскатной доски 5 и вибратора 4), накопительного бункера 1, барабанного дозатора-питателя 2. Внутри виброконвейера над виброскатной доской установлен набор лопастных ворошителей 7. На днище и сверху кожуха размещены нагревательные элементы: электроконфорки 6 и кварцевые излучатели 3.

Работа установки осуществляется следующим образом. Из накопительного бункера 1 зерно поступает в дозатор-питатель 2, который обеспечивают наличие достаточного количества зерна на верхнем участке виброскатной доски 5. При включении вибратора 4 зерно с верхнего участка начинает движение вдоль виброскатной доски вниз. Наличие угла установки  $\beta$  виброскатной доски 5 и амплитуда ее колебаний  $A$  обеспечивают сход (движение вниз) вороха зерна с определенной подачей (производительностью).

Установка над виброскатной доской 5 лопастных ворошителей 7 обеспечивает перемешивание движущихся слоев зерна для равномерного их прогрева и одновременно служит для торможения сходящего материала, обеспечивая увеличение времени его нагрева [3, 4, 5, 6, 7]. Нагрев зернового материала может осуществляться как при одновременном, так и раздельном включении электроконфорок 6 и кварцевых излучателей 3. Обработанный материал выгружается через выгрузное отверстие 9.

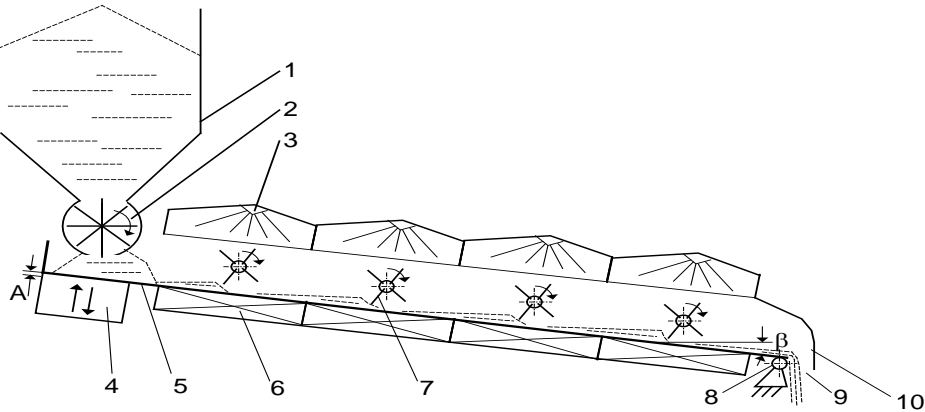


Рисунок 1 – Схема виброконвейера для термообработки зерна:  
1 – бункер зерна; 2 – питатель; 3 – излучатель; 4 – вибратор; 5 – вибродоска;  
6 – нагревательный элемент; 7 – ворошитель; 8 – шарнирная опора;  
9 – выгрузное отверстие; 10 – кожух верхний

В процессе исследований устройства запланировано проведение несколько серий проведения экспериментов. На начальном этапе требовалось определить параметры ворошителя зерна, позволяющие при минимальных энергозатратах на подачу, обеспечить наилучшие условия перемешивания зерна на виброскатной доске для обеспечения наибольшей температуры нагрева зерновой массы на момент ее схода с виброскатной доски. Для этого исследовалось воздействие количества лопастей  $Z_1$  (шт.) и частоты вращения  $n_1$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) вала ворошителя на работу устройства термического обеззараживания зерна. При исследованиях температура наружного воздуха составляла  $20^\circ\text{C}$ , угол наклона виброскатной доски питателя  $\beta=13^\circ$  и амплитуда вибрации виброскатной доски  $A=1$  мм и работе двух кварцевых излучателей, каждый мощностью 250 Вт. Ширина виброскатной доски 0,2 м.

В результате статистической обработки экспериментальных данных по температуре нагрева зерна при количестве лопастей на каждой мешалке (в одном поперечном сечении вала) ворошителя равно  $Z_v=2$  получено уравнение регрессии (рис.2):

$$t=65,18266+0,000001*(n^{3,690241})*1,728397^{(-0,033169*n)}, \quad (1)$$

где  $n$  – частота вращения вала ворошителя,  $\text{мин}^{-1}$ .

Коэффициент корреляции –  $R=0,98482$ . Результаты F-теста – 0,968256.

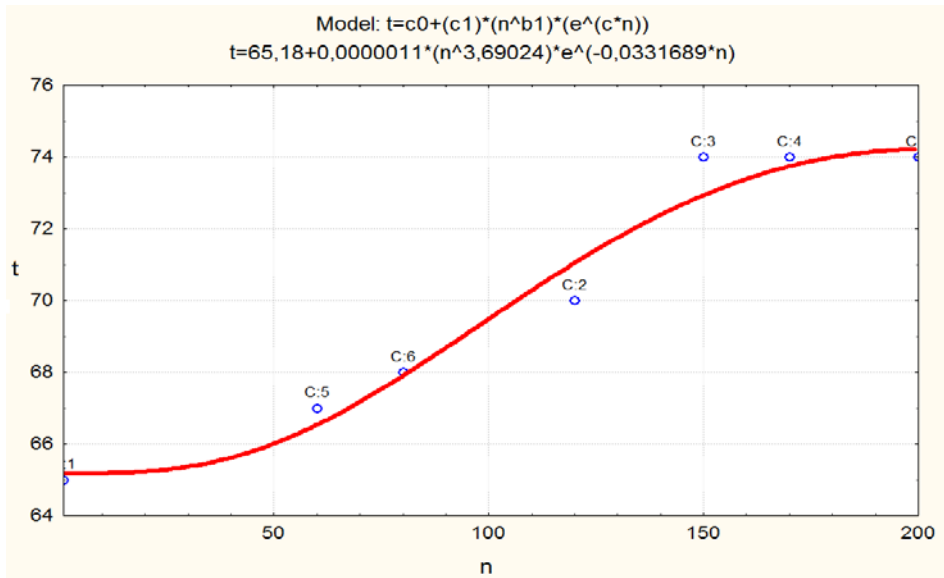


Рисунок 2 – Влияние частоты вращения мешалки ворошителя  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) на температуру зерна, сходящего со скатной доски питателя  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

Стабилизация температуры нагрева зерна около  $74^{\circ}\text{C}$  позволяет определить верхний предел частоты вращения мешалок -  $170 \text{ мин}^{-1}$ .

Установлена температура зерна на сходе с виброскатной доски, описываемая уравнением регрессии (рис. 3):

$$t = 64,70559 + 0,408026 \cdot Z_v + 0,019193 \cdot n + 0,007003 \cdot n \cdot Z_v - 9,02 \cdot e^{-0,6} \cdot Z_v \cdot Z_v / n + 0,000112 \cdot n \cdot n. \quad (2)$$

где  $Z_v$  – количества лопастей мешалки, шт.

Коэффициент корреляции –  $R = 0,98709$ . Результаты F-теста –  $0,961914$ . Тем самым, предложенная модель адекватно описывает данные и входит в 95% доверительный интервал.

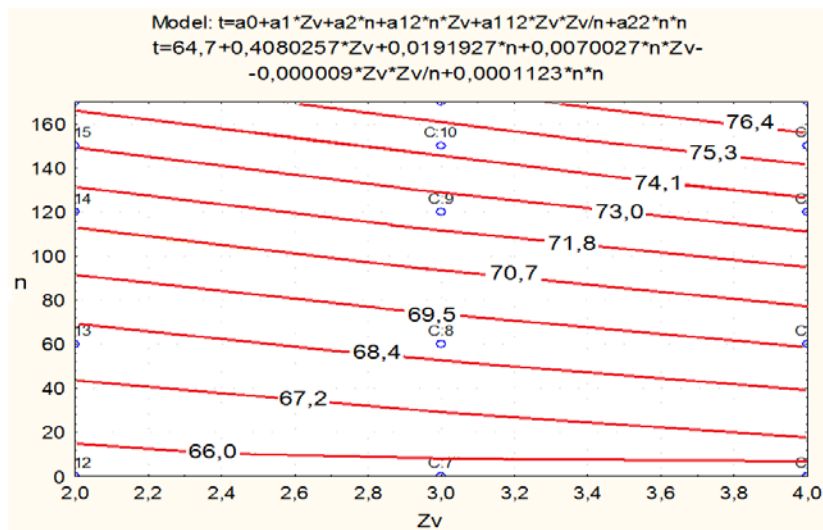


Рисунок 3. Влияние частоты вращения  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) и количества лопастей  $Z_v$  (шт.) мешалки ворошителя на температуру зерна  $t$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

Графический анализ полученных данных показывает, что рост количество лопастей мешалок ворошителя позволяет повысить температуру зерна на 1,4° или 1,9%. Отсутствие ворошилок (т.е. n=0) снижает температуры зерна до 66°, т.е. на 13,6%.

Производительность виброскатной доски (кг/с) описывается уравнением регрессии (рис. 4):

$$Q=0,055317-0,00762 \cdot Z_v-0,000026 \cdot n-0,0000105 \cdot n \cdot Z_v+9,85 \cdot e^{-08} \cdot Z_v \cdot Z_v/n. \quad (3)$$

Коэффициент корреляции - R=0,98176. Результаты F-теста – 0,946068.

Наличие ворошилок приводит к резкому уменьшению подачи устройства. В результате увеличивается время нагрева и повышается температура (рис.3). Рост числа лопастей мешалки с 2 до 4 шт. снижает производительность на 42%, а повышение частоты вращения ворошителя до 170 мин<sup>-1</sup> снижает производительность на 25%.

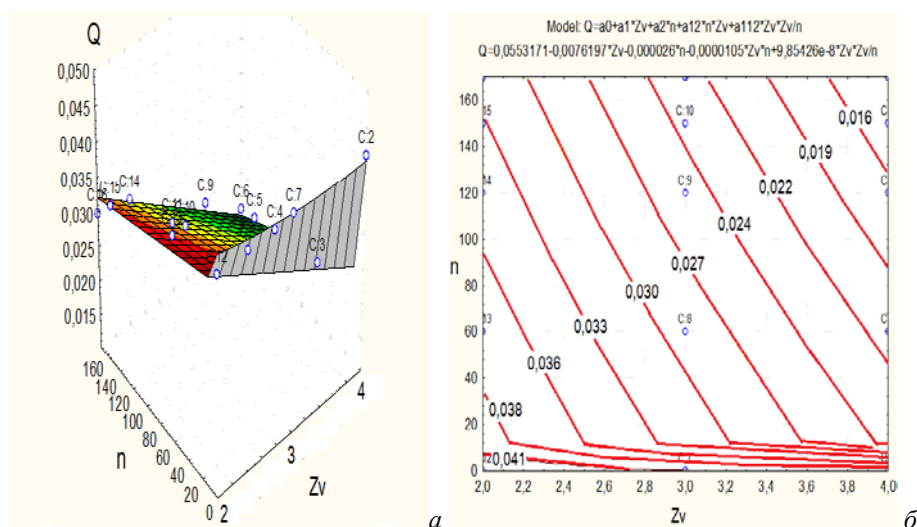


Рисунок 4. Влияние частоты вращения  $n$  (мин<sup>-1</sup>) и количества лопастей  $Z_v$  (шт.) мешалки ворошителя на производительность устройства  $Q$  (кг/с):  
а – поверхность отклика; б – двумерное сечение поверхности отклика

Привод устройства включает вибратор, привод ворошилок, привод дозатора. Суммарная мощность привода устройства (без учета работы нагревателей) описывается уравнением регрессии (рис. 5):

$$W_s = -50,65 + 135,13 \cdot Z_v + 4,242374 \cdot n - 0,200143 \cdot n \cdot Z_v - 0,014067 \cdot n \cdot n - 0,002551 \cdot Z_v \cdot Z_v/n. \quad (4)$$

Коэффициент корреляции - R=0,98176. Результаты F-теста – 0,946068.

Отсутствие работы ворошилок позволяет снизить затраты мощности почти в 2,5 раза. При частоте вращения лопастей более 100 мин<sup>-1</sup> наблюдается стабилизация прироста мощности. Наибольшая мощность соответствует частоте вращения ворошителей 120...170 мин<sup>-1</sup>. Рост лопастей с 2 до 4 увеличивает мощность с 500 до 680 Вт, т.е. на 36%.

Мощность привода мешалок ворошителя описывается уравнением регрессии (рис. 6):

$$W_m = -152,6841 + 138,4718 \cdot Z_v + 4,12374 \cdot n - 0,224219 \cdot n \cdot Z_v - 0,013593 \cdot n \cdot n - 0,002629 \cdot Z_v \cdot Z_v/n. \quad (5)$$

Коэффициент корреляции – R=0,98723. Результаты F-теста – 0,962312.

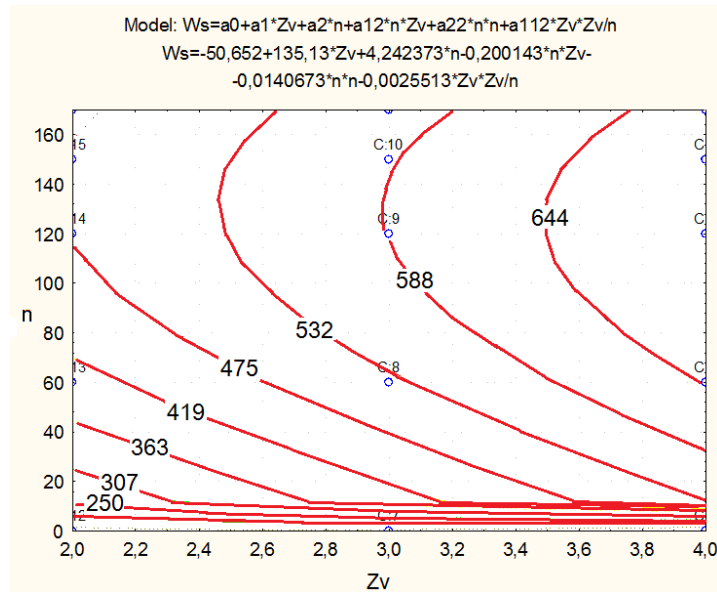


Рисунок 5. Влияние частоты вращения  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) и количества лопастей  $Z_v$  (шт.) мешалки ворошителя на суммарную мощность устройства  $W_s$  (Вт)

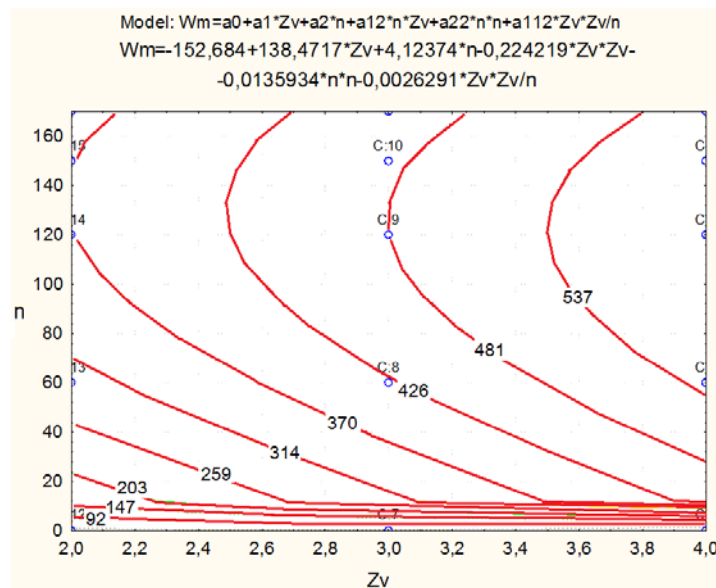


Рисунок 6. Влияние частоты вращения  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) и количества лопастей  $Z_v$  (шт.) мешалки ворошителя на мощность привода ворошителей устройства  $W_m$  (Вт)

Характер зависимостей мощностей, суммарной и затрачиваемой на привод ворошителей, соответствуют друг другу, а значения достаточно близки, т.е. привод ворошителей является определяющим для затрат мощности привода. Увеличение частоты вращения способствует росту затрачиваемой мощности привода ворошителей до 540 Вт. При этом двукратное уменьшение числа лопастей мешалки с 4 до 2 снижает потребляемую мощность до 350...370 Вт (на 31...35%).

Энергоемкость подачи зерна  $Y_1$  (Дж/кг) описывается уравнением регрессии (рис. 7):

$$Y_1 = 41400,69 - 27261,4 \cdot Z_v + 233,2198 \cdot n + 5496,332 \cdot Z_v^2 - 2,64464 \cdot n^2 + 0,529420 \cdot Z_v \cdot n^2. \quad (4.6)$$

Коэффициент корреляции –  $R=0,898057$ . Результаты F-теста –  $0,93273$ .



Полученный характер изменения энергоёмкости подачи определяется тенденциями производительности устройства и затратами мощности с учетом их взаимодействия.

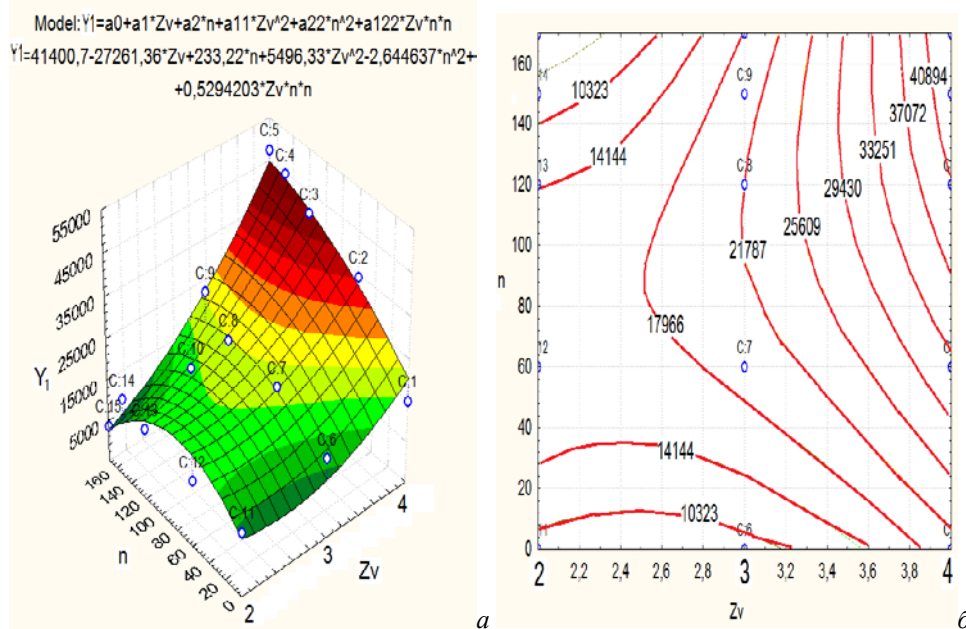


Рисунок 7. Влияние частоты вращения  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) и количества лопастей  $Z_v$  (шт.) мешалки ворошителя на энергоёмкость подачи зерна  $Y_1$  (Дж/кг):  
 а – поверхность отклика; б – двумерное сечение поверхности отклика

Проведенная серия опытов позволила сделать следующие выводы:

1. Увеличение количества лопастей мешалки увеличивает энергоёмкость подачи зерна. Наименьшая энергоёмкость подачи зерна соответствует как отсутствию ворошителей ( $n=0$ ), так и количеству лопастей мешалки равному 2 шт. при частоте вращения ворошителя  $150 \dots 170 \text{ мин}^{-1}$ ;

2. При частотах вращения ворошителя более  $150 \dots 170 \text{ мин}^{-1}$  наблюдается стабилизация температуры нагрева. Двукратное увеличение числа лопастей у каждой мешалки ворошителя (с 2 до 4 шт.) увеличивает наибольшую температуру на  $1,4^\circ$  до  $76,4^\circ$ , что соответствует повышению температуры на  $1,9\%$ , т.е. практически отсутствует температурный эффект;

3. Увеличение количества лопастей мешалки ворошителя с 2 до 4 шт. способствует уменьшению производительности устройства на  $\approx 42\%$ ;

4. При частоте вращения более  $100 \text{ мин}^{-1}$  наблюдается стабилизация потребляемой мощности, влияет лишь количество лопастей ворошителя. При 4 лопастях мешалки ворошителя затрачиваемая мощность составляет около 650 Вт. При этом уменьшение числа лопастей мешалки с 4 до 2 снижает потребляемую мощность до  $475 \dots 500 \text{ Вт}$  (на  $27 \dots 23\%$ ).

Тем самым, следует считать рациональными установку по 2 лопасти на мешалках каждого ворошителя и частоту их вращения  $150 \dots 170 \text{ мин}^{-1}$ . При этом производительность устройства составляет  $Q=0,0202 \text{ кг/с}$  или  $72,7 \text{ кг/ч}$  на каждые  $0,2 \text{ м}$  ширины питателя устройства.

#### Список литературы

1. Горский И. В. *Обработка семян пшеницы озонированным воздухом: Дис...канд. техн. наук/ И.В. Горский. – Москва, 2004. – 202 с.*

2. Сыроватка В.И. СВЧ–обработка комбикормов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2013. – № 1 (9). – С. 29-37.
3. Мишуров Н.П. Определение скорости вибротранспортирования слоя фуражного зерна // Техника и оборудование для села. – 2011. – № 11. – С. 40-42.
4. Курдюмов В.И. Экспериментально-теоретическое обоснование установки контактного типа для тепловой обработки зерна / Курдюмов В.И., Павлушин А.А., Зозуля И.Н. // Нива Поволжья. – 2010. – № 2. – С. 57-60.
5. Некрашевич В.Ф. Установка для микронизации зерна. / Некрашевич В.Ф., Корнилов С.В., Кипарисов Н.Г., Мамонов Р.А. / В сборнике: Инновационные технологии и средства механизации в растениеводстве и животноводстве. Международная научно-практическая конференция, посвященная 75-летию Владимира Федоровича Некрашевича. – 2011. – С. 155-159.
6. Пат. 2471391 Российская Федерация, А23N17/00. Установка теплового обеззараживания рассыпных комбикормов [Текст] / Сыроватка В.И., Обухова Н.В., Обухов А.Д., Сергеев Н.С.; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации животноводства Российской академии сельскохозяйственных наук ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии (RU) – 2011110233/13; заявл. 17.03.2011; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1 – 8 с.: ил.
7. Пат. 2125385 Российская Федерация, А23L1/00. Установка для производства взорванного зерна [Текст]/ Сысуев В.А., Панкратов А.И., Мохнаткин В.Г., Баранов Н.Ф., Савиных П.А., Ильин Л.И.; заявитель и патентообладатель Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока им.Н.В.Рудницкого (RU) – 98101264/13; заявл. 27.01.1998; опубл. 27.01.1999, Бюл. № 17 с.: ил.
8. Пат. 2168911 Российская Федерация, А23L1/00. Установка для микронизации зерновых продуктов [Текст]/ Чекрыгина И.М., Кононов В.М., Носовец А.Ф., Малчевский В.Н., Дикарев Б.А., Пахомов В.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие Таганрогский научно-исследовательский институт связи (RU) – 99121389/13; заявл. 12.10.1999; опубл. 20.06.2001, Бюл. № 11 – 10 с.: ил.

УДК 66-5: 66-7

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИМПУЛЬСНОЙ ДРОБЕСТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СОСУДОВ

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

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

## ANALYSIS OF EFFICIENCY OF PULSE SHOT BLASTING THE INNER SURFACE OF VESSELS

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

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

Проанализированы причины снижения эффективности механической и дробеструйной очистки внутренней поверхности сосудов. На основе численного анализа и экспериментальной проверки предложена конструкция для импульсной дробеструйной очистки внутренней поверхности газовых баллонов и обозначены пути ее оптимизации.

**Ключевые слова:** техническое обслуживание, очистка, внутренняя поверхность, сосуд, импульсная дробеструйная обработка, численные методы.

Analyzed the reasons for reducing the effectiveness of mechanical and shot blasting the inner surface of vessels. On the basis of numerical analysis and experimental verification of proposed design for pulse shot blasting the inner surface of gas cylinders and ways of its optimization.

**Key words:** maintenance, cleaning, internal surface vessels, pulse shot blasting, numerical methods

В настоящее время в связи с увеличением числа используемых в экономике сосудов под давлением, прежде всего газовых баллонов, обострилась проблема их безопасной эксплуатации.

В процессе эксплуатации сосудов возникает проблема точного и достоверного диагностирования их предельного состояния, степени изнашивания. Предельный износ, в отличие от допустимого, характеризуется потерей работоспособности и устанавливается по техническому критерию при очередном периодическом освидетельствовании. Допустимый износ значительно сложнее установить, его предельное состояние обнаруживается с большим запозданием и может привести к авариям.

Данная задача может быть решена путем интенсификации технологических процессов технического обслуживания и расширения выполняемых операций в процессе периодического освидетельствования баллона, в том числе очистки внутренней поверхности, что позволяет более качественно диагностировать допустимый или предельный износ основного металла.

На данный момент проблемой очистки внутренней поверхности баллона занимается ряд организаций, производящих технологическое оборудование для освидетельствования газовых баллонов (ЗАО «ПКТБА» (Россия), «Vanzetti» (Италия), НПО «ГАКС-АРМСЕРВИС» (Россия) и другие). Существующие способы очистки баллонов и оборудование для их осуществления условно можно разделить на два основных типа: механическая и дробеструйная очистки.

Механическая очистка цепями, схема которой изображена на рисунке 1, несмотря на широкое распространение на практике, малоэффективна, так как не позволяет очищать донную часть и горловину баллона.

Кроме того, в ряде случаев механическая очистка цепями не эффективна, так как твердость внутренней поверхности баллона неодинакова по длине от дна до горловины сосуда и может изменяться от 12 HRCэ до 42 HRCэ (рис. 2).

Это связано с технологией изготовления баллона. Экспериментальные измерения ряда разноименных баллонов среднего объема [1] показали, что твердость

горловины сосуда может в 1,5 раза превышать твердость поверхности днаща и в 3,5 раза твердость средней цилиндрической части сосуда.

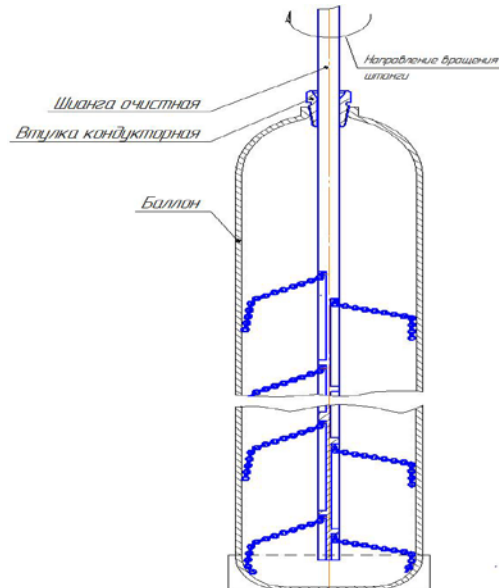


Рисунок 1 – Схема механической очистки внутренней поверхности

Твердость поверхности применяемой для очистки цепи составляет 40...45 HRC<sub>3</sub>, что сравнимо, а иногда и ниже, соответствующего параметра очищаемой внутренней поверхности баллона. Следовательно, эффективная очистка будет достигаться только в средней цилиндрической части баллона.

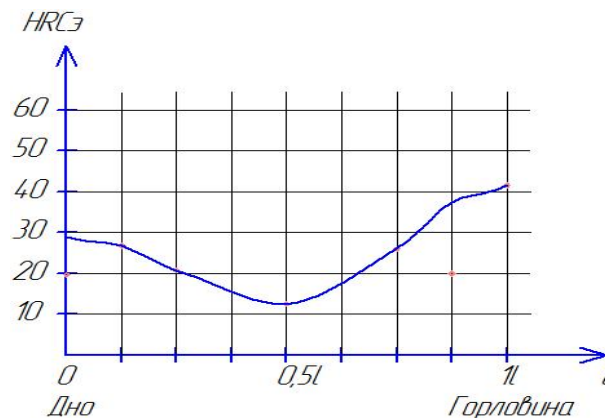


Рисунок 2 – Зависимость изменения твердости внутренней поверхности баллона (HRC<sub>3</sub>) по длине (l) от дна до горловины сосуда

Если для решения проблемы с очисткой баллонов среднего объема [1] используемый метод применим, то для баллонов большого объема [2,3] его применять затруднительно, так как длина данных баллонов достигает пяти метров и приводит к существенному усложнению конструкции и увеличению металлоемкости оборудования.

Следующая проблема возникает с очисткой металлокомпозитных баллонов (тип 2 и тип 3) [4], так как очистка внутренней поверхности, в соответствии с правилами безопасности [5], распространяется только на цельнометаллические баллоны (тип 1), а наличие коррозии на стальном лейнере металлопластиковых баллонов не допускается. На практике применяются баллоны, изготовленные по ГОСТ 949 [1], но армированные

стеклопластиком, например, в соответствии с ТУ 2296-030-18074387-2006, для повышения предельного давления газа в сосуде (до 34,3 МПа (350 кгс/см<sup>2</sup>)) (рис. 3).



Рисунок 3 – Блок баллонов комбинированных универсальных БКУ-40-350С. ТУ 2296-030-18074387-2006

Так как у баллонов наиболее опасным участком является цилиндрическая часть, то усиление ее за счет армирования стеклопластиком позволят повысить предельное давление сосуда. Данный сосуд является металлокомпозитным, следовательно, не допускается наличие коррозионного изнашивания, хотя он изначально изготовлен как цельнометаллический баллон и при очистке, в том числе внутренней поверхности, и при положительных результатах периодического освидетельствования мог бы использоваться на более низких давлениях (до 19,6 МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>)), что допускается нормативной документацией РФ для данного типа сосудов.

В РФ существует множество предприятий, занимающихся изготовлением сосудов под давление, в том числе металлокомпозитных. Данные сосуды, как правило, выпускаются по ТУ предприятия-изготовителя, следовательно, без внесения поправок в нормативную базу решить проблему продления эксплуатации сосудов, не достигших предельного состояния, на более низких давлениях затруднительно.

Ввиду широкой номенклатуры выпускаемых баллонов, при положительном решении проблемы с продлением эксплуатации металлокомпозитных баллонов проблема качественной очистки внутренней поверхности является актуальной.

Применение классических методов дробеструйной обработки для очистки внутренней поверхности сосудов также проблематично из-за широкой номенклатуры баллонов. Как правило, дробь подается внутрь баллона по штанге и выстреливается из сопла, что вызывает необходимость в перемещении штанги и дробеструйного сопла относительно внутренних стенок сосуда. Наличие штанги в горловине баллона затрудняет удаление из баллона используемой во время работы дроби и воздуха, используемого в качестве энергоносителя. Полное удаление всех твердых частиц достигается только за счет кантования баллона при удалении дробеподводящей штанги из горловины. Это увеличивает количество переналадок оборудования и отрицательно влияет на производительность установки.

Поэтому востребованы метод дробеструйной обработки и оборудование для его осуществления, позволяющее очищать внутреннюю поверхность без переналадок устройства, сокращать технологические операции с циркуляцией рабочего тела (дроби), обеспечивать возможность уменьшения габаритных размеров и упрощать оборудование. Одним из таких вариантов решения может служить устройство внутренней очистки баллонов, реализующее способ очистки внутренней поверхности баллонов пульсирующим потоком дроби в кипящем слое [6] (рис. 4).

Внутри баллона после предварительного демонтажа запорной арматуры помещается порция дробы и вворачивается в горловину головка со штангой для сброса избыточного давления. После проведения монтажных работ сосуд кантуется горловиной вниз и подключается к питающей сети с давлением воздуха 0,6 МПа. Сжатый воздух порционно подается внутрь сосуда, увлекает с собой часть дробы и очищает внутреннюю поверхность сосуда.

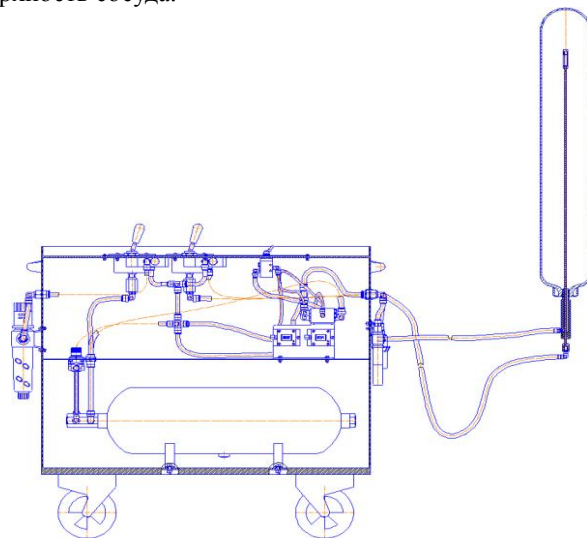


Рисунок 4 – Устройство внутренней очистки баллонов

Был проведен численный анализ движения стальной дробы размером  $d_{\min}=0,7\text{мм}$  и  $d_{\max}=1,0\text{мм}$  внутри газового баллона для воздуха 10-200У ГОСТ 949-73 объемом 10л диаметром 140 мм и длиной 900 мм в среде SolidWorks (рис. 5), позволивший предварительно выбрать необходимые режимы очистки и параметры конструкции.

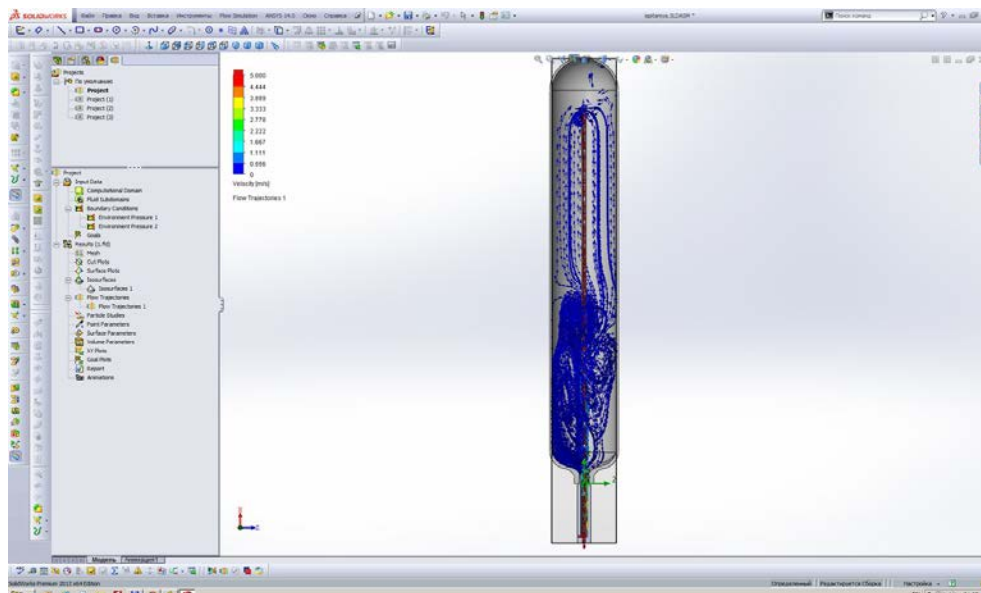


Рисунок 5 – Расчетное движение дробы стальной ( $\varnothing_{\min}=0,7\text{мм}$ ,  $\varnothing_{\max}=1,0\text{мм}$ ) внутри газового баллона для воздуха 10-200У ГОСТ 949-73 ( $V=10\text{л}$ ,  $\varnothing 140$ ,  $L=900$ )

В настоящее время проводятся испытания опытного образца для оптимизации структуры потока внутри сосуда за счет:

- разницы давлений в очищаемом сосуде и подаваемой порции воздуха;
- изменения условного прохода входного штуцера, ограниченного габаритными размерами резьбы в горловине сосуда (для резьб W19,2 наименьший диаметр конуса 13 мм, а для резьб W27,8 – 21мм) [7];
- оптимизации удельной массы дробы в баллоне;
- снижения пневматического сопротивления в выходном трубопроводе;
- управления вихревым потоком внутри сосуда путем установки перед выходом из входного штуцера отражателя.

Таким образом, исследования показали, что метод циркуляционной очистки замкнутых объемов и устройств перспективен для очистки внутренней поверхности сосудов. Оптимальные режимы очистки и необходимые параметры устройств будут определены в ходе дальнейших опытно-промышленных испытаний.

#### **Список литературы**

1. ГОСТ 949-73: Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на  $P_p \leq 19,6$  мпа (200 кгс/см<sup>2</sup>).
2. ГОСТ 12247-80: Баллоны стальные бесшовные большого объема для газов на  $P_p = 31,4$  и  $39,2$  МПа (320 и 400 кгс/см<sup>2</sup>).
3. ГОСТ 9731-79: Баллоны стальные бесшовные большого объема для газов  $P_p = 24,5$  МПа (250 кгс/см<sup>2</sup>).
4. ГОСТ Р 51753-2001: Баллоны высокого давления для сжатого природного газа, используемого в качестве моторного топлива на автомобильных транспортных средствах.
5. ПБ 03-576-03: Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
6. Очистка внутренней поверхности газовых баллонов среднего объема пульсирующим потоком дробы в кипящем слое/ К.Р. Таранцева, А.В. Тразанов // // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ. Научно-методический журнал. – 2013. – №9(13) т.2-. С.146-153.
7. ГОСТ 9909-81: Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба коническая вентиляей и баллонов для газов.

**УДК 623.459.4**

#### **РАСЧЁТ ЗАПАСОВ МЕДИЦИНСКИХ СИЛ И СРЕДСТВ ПРИ АВАРИИ С ВЗРЫВООПАСНЫМИ АХОВ**

- © **А.В. Ключин**, Саратовский ГТУ им. Ю. Гагарина (г. Саратов, Россия)
- © **С.М. Рогачева**, Саратовский ГТУ им. Ю. Гагарина (г. Саратов, Россия)
- © **С.И. Баулин**, Саратовский ГТУ им. Ю. Гагарина (г. Саратов, Россия)
- © **Ю.А. Егорова**, филиал ФБУ «ФУ БХУХО» в/ч 21222 (г. Пенза, Россия)
- © **А.Г. Горохова**, филиал ФБУ «ФУ БХУХО» в/ч 21222 (г. Пенза, Россия)

#### **CALCULATION OF MEDICAL RESOURCES AND MEANS AT EMERGENCY DEALING WITH DANGEROUS EXPLOSIVES OF CHEMICAL MANUFACTURING**

- © **A. V. Klyuzhin**, Saratov State Technical University (Saratov, Russia)
- © **S.M. Rogacheva**, Saratov State Technical University (Saratov, Russia)
- © **S.B. Baulin**, Saratov State Technical University (Saratov, Russia)
- © **Yu.A. Yegorova**, troop unit 21222 (Penza, Russia)
- © **A.G. Gorokhova**, troop unit 21222 (Penza, Russia)

В настоящей работе представлены материалы по обоснованию методического подхода к проведению прогнозного расчёта запасов медицинских сил и средств при аварии с взрывоопасными АХОВ химических производств.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, степень поражения, медицинские силы и средства, санитарные потери, летальные потери

The paper gives materials concerning the ground of methodical approach to conducting prognosis calculation of medical resources and means at emergency dealing with dangerous explosives of chemical manufacturing

**Key words:** emergency, degree of damaging, medical resources and means, sanitary losses, lethal losses.

Как показывает статистика аварий и катастроф на химически опасных предприятиях, в подавляющем большинстве случаев аварийно химически опасными веществами (АХОВ), образующими с воздухом взрывоопасные смеси, являются метан, этан, пропан, изобутан, ацетилен, природный газ и др., либо пары легколетучих горючих жидкостей [1].

Детонационная волна, способствующая распространению взрывной ударной волны (ВУВ), приводит к повреждениям различной степени тяжести у человека в сочетании с острыми отравлениями, термическими ожогами и травмами, а также к разрушению всевозможных конструкций.

В связи с этим при определении величины индивидуального риска при подобных авариях следует учитывать влияние нескольких факторов [1]. Величину индивидуального риска  $R_v$  при объемном взрыве рассчитывают по формуле:

$$R_v = Q_{Bi} \cdot Q_{Bni}, \quad 1)$$

где  $Q_{Bi}$  – вероятность возникновения  $i$ -го типа аварии со взрывом газо-, паров или пылевоздушной смеси на предприятии, раз/год;

$Q_{Bni}$  – условная вероятность поражения человека, находящегося на заданном расстоянии от установки, избыточным давлением при реализации указанной аварии  $i$ -го типа;  $n$  – количество типов рассматриваемых аварий.

Используя предложенный нами в работе [2] методический подход, можно рассчитать радиусы зон поражения различной степени тяжести и прогнозируемые в них потери. Возможные потери при чрезвычайных ситуациях (ЧС) принято делить на общие, санитарные и летальные (смертельные). Санитарные потери являются разностью между общими и летальными потерями. Формулы для расчета радиусов зон поражения  $R_A, R_B, R_C, R_{D1}, R_D$  с соответствующими им степенями поражения  $A, B, C, D_1, D$  имеют вид:

-  $A$  (крайне тяжелая степень поражения) – величина избыточного давления в зоне с радиусом  $R_A > 0,3$  МПа :

$$R_A = R_{исх} \cdot 0,109. \quad 2)$$

-  $B$  (тяжелая степень поражения) – величина избыточного давления в зоне с радиусом  $R_B$  составляет от 0,1 до 0,3 МПа:

$$R_B = R_{исх} \cdot 0,142. \quad 3)$$

-  $C$  (средняя степень поражения) - величина избыточного давления в зоне с радиусом  $R_C$  составляет от 0,06 до 0,1 МПа:

$$R_C = R_{исх} \cdot 0,197. \quad 4)$$

-  $D_1$  (легкая степень поражения) - величина избыточного давления в зоне с радиусом  $R_{D1}$  составляет от 0,04 до 0,06 МПа

$$R_{D1} = R_{исх} \cdot 0,236.$$



5)

- D (пороговый эффект) - величина избыточного давления в зоне с радиусом  $R_D$  составляет от 0,02 до 0,04 МПа:

$$R_D = R_{\text{иск}} \cdot 0,280 \quad 6)$$

Степени тяжести травматических поражений от избыточного давления ВУВ можно условно разделить на пять нижеописанных степеней со следующей клинической картиной поражения [3]:

- крайне тяжелая степень поражения – травма легких 4 - 5 степени (органные кровоизлияния, разрывы легких); потеря сознания свыше 30 минут; ушибы и разрывы органов брюшной полости; ушибы и кровоизлияния в головном и спинном мозге; множественные разрывы внутренних органов;

- тяжелая степень поражения – травма легких 2 - 3 степени (множественные сливные и долевы кровоизлияния); множественные ушибы органов брюшной полости; потеря сознания до 30 минут; стойкие неврологические расстройства; ушиб мозга; переломы костей конечностей и позвоночника;

- средняя степень поражения – травма легких первой степени (множественные точечные и (или) пятнистые кровоизлияния); при ударе ВУВ - потеря сознания до 3 мин; длительное расстройство речи, слуха; выраженные вестибулярные и вегетативные расстройства; неврологические нарушения; контузии средней степени тяжести всего организма; кровотечения из носа и ушей; вывихи и переломы костей конечностей;

- легкая степень поражения – легкая контузия всего организма; ушибы и вывихи костей конечностей; баротравма ушей с дезориентацией до 1 минуты и последующим расстройством вестибулярных и вегетативных функций. Акустическая травма (возможна без ударной баротравмы ушей) с расстройством вестибулярных и вегетативных функций (до 15 % пораженных). Во всех случаях – единичные или множественные кровоизлияния в легких.

- пороговый эффект – баротравма ушей (уха) с общим оглушением и незначительным расстройством вестибулярных и вегетативных функций. Характеризуется потерей дееспособности на время не менее 0,5 часа.

Рассчитав значения радиусов зон поражения по формулам (2-6), подставим полученное значение каждого радиуса в выражение для расчета санитарных потерь в данной  $i$ -ой зоне:

$$N_{PCi} = \pi \cdot R_i^2 \cdot n_i, \quad 7)$$

где  $N_{PCi}$  – расчетное значение санитарных потерь  $i$ -ой степени тяжести поражения, чел;

$R_i$  – величина радиуса зоны поражения  $i$ -ой степени тяжести, м;

$n_i$  – плотность населения (персонала объекта) в данной  $i$ -ой зоне поражения, чел/км<sup>2</sup>.

Тогда запасы необходимых медицинских сил и средств будут определяться выражением:

$$Q_{\text{необ.р.}} = \pi \cdot R_i^2 \cdot n_i \cdot q_i, \quad 8)$$

где  $Q_{\text{необ.р.}}$  – необходимое рассчитанное количество запасов медицинских сил и средств для  $i$ -ой зоны поражения;

$q_i$  – расход медицинских сил и средств на одного пораженного в  $i$ -ой зоне поражения.

Для получения уточненных данных воспользуемся системой расчета, представленной в работе [3]. Величина летальных потерь из числа санитарных определяется выражением:

$$\Delta N_L = k_1 \cdot N_C, \quad 9)$$

где  $k_1$  – коэффициент, показывающий долю санитарных потерь, переходящих в летальные при отсутствии лечения;

$N_C$  – величина санитарных потерь, чел.

По данным [3], если запасы медицинских сил и средств рассчитаны на лечение  $N_{PC}$  человек, а санитарные потери превысили эту величину и составили  $N_C$  человек, то тогда число  $(N_C - N_{PC})$  человек не будет обеспечено медицинской помощью и дополнительные летальные потери составят:

$$\Delta N_L = k_1 \cdot (N_C - N_{PC}). \quad (10)$$

Тогда дополнительные летальные потери ( $\Delta N_{Li}$ ) в  $i$ -ой зоне поражения составят:

$$\Delta N_{Li} = | (k_1 \cdot (N_{Ci} - \pi \cdot R_i^2 \cdot n_i)) |, \quad (11)$$

где  $N_{Ci}$  – величина санитарных потерь в  $i$ -ой зоне поражения, чел.

При значениях  $N_{Ci} < N_{PCi}$  значение  $\Delta N_{Li}$  выражается абсолютным значением.

Используя функцию плотности распределения дополнительных летальных потерь, представленную в работе [3], можем выразить математическое ожидание дополнительных летальных потерь следующим выражением:

$$M_{Bi}(\Delta N_{Li}) = k_{1i} k_B \int_{N_{PCi}}^{N_{i \max}} f_B(N_B) (N_B - \pi R_i^2 \cdot n_i) d(N_B), \quad (12)$$

где  $k_{1i}$  – коэффициент, показывающий, какая часть людей погибнет в  $i$ -ой зоне дополнительно без оказания медицинской помощи;

$k_B$  – среднее число взрывов на химически опасном объекте в течение года в стране или регионе;

$N_{i \max}$  – максимально возможная величина санитарных потерь в  $i$ -ой зоне поражения, чел;

$f_B(N_B)$  – плотность распределения числа людей в  $i$ -ой зоне поражения, чел/км<sup>2</sup>.

Общая величина ожидаемых дополнительных летальных потерь в зонах различной степени тяжести поражения определяется выражением:

$$M(\Delta N_{Li}) = \sum_{j=1}^n M_{Bi}(\Delta N_{Li}), \quad (13)$$

где  $n$  – количество радиусов зон поражения.

Значения математических ожиданий  $M_0(N)$  и  $M_i(N)$  определяются по выражению (10), принимая при расчетах  $M_0(N)$  в качестве  $N_{PC}$  значения  $N_{PC} = 0$ , а при определении  $M_i(N)$  – заданное значение  $N_{PCi} = \pi \cdot R_i^2 \cdot n_i$ . Равенство  $N_{PC} = 0$  означает, что в данном случае вообще не создаются запасы медицинских сил и средств.

В работе [3] приводится расчет критерия, характеризующего потери среди людей при реализации ЧС:

$$\eta_i = \frac{Ci}{M_0(N) - Mi(N)}, \quad (14)$$

где  $Ci$  – размер затрат на проведение  $i$ -го мероприятия;

$M_0(N)$  – математическое ожидание потерь без проведения  $i$ -го мероприятия за расчетный период;

$Mi(N)$  – то же, но после проведения  $i$ -го мероприятия.

Применительно к созданию запасов сил и средств уточним смысл величин  $Ci$ ,  $M_0(N)$  и  $M_i(N)$ :

$Ci$  – размер затрат на создание и хранение запасов сил и средств в расчете на один год;

$M_0(N)$  – математическое ожидание потерь без создания запасов сил и средств в течение одного года;

$M_i(N)$  – то же, но после создания запасов сил и средств.

Эффективность создания запасов медицинских сил и средств характеризуется критерием, который зависит от  $N_{PC}$ : чем большее количество поражающих факторов при этом будет учитываться, тем более точными будут расчеты.

Как упоминалось ранее, некоторые АХОВ способны образовывать в воздухе взрывоопасные смеси. Однако в основном зоны поражения рассчитываются только для токсического воздействия АХОВ, не учитывая при этом влияния ВУВ [1, 4, 5]. Это приводит к снижению точности расчетов по санитарным потерям в сторону их занижения, а также не учитывается поражающий характер комбинированного воздействия. Так как вероятность взрыва газовой смеси АХОВ носит случайный характер (как и токсическое воздействие), то можем записать уточненное выражение для определения санитарных потерь:

$$N_{PC} = N_{PC1} + N_{PC2}, \quad (15)$$

где  $N_{PC1}$  – расчетное значение санитарных потерь от воздействия ВУВ, чел;

$N_{PC2}$  – расчетное значение санитарных потерь от токсического воздействия АХОВ, чел.

Выразим  $N_{PC1}$  через величину радиуса зоны поражения ВУВ, тогда величина необходимых запасов медицинских сил и средств с учетом комбинированного воздействия факторов будет определяться выражением:

$$Q_{\text{необх.}} = \pi \cdot R_1^2 \cdot n_i \cdot q_i + N_{PC2}. \quad (16)$$

При этом следует учитывать, что состав запасов медицинских сил и средств будет определяться характером поражения ВУВ в каждой зоне. Величина  $N_{PC2}$  будет рассчитываться по методикам, представленным в работах [6-8].

Тогда математическое ожидание дополнительных летальных потерь с учетом комбинированного действия поражающих факторов примет вид:

$$M(\Delta N_L) = M_1(\Delta N_{L1}) + M_2(\Delta N_{L2}), \quad (17)$$

где  $M_1(\Delta N_{L1})$  – математическое ожидание дополнительных летальных потерь от воздействия ВУВ;

$M_2(\Delta N_{L2})$  – математическое ожидание дополнительных летальных потерь от токсического воздействия АХОВ.

Предыдущее выражение можно также представить в следующем виде:

$$M(\Delta N_L) = k_1 k_B \int_{N_{PC1}}^{N_{\max 1}} f_B(N_B) (N_B - N_{PC_B}) d(N_B) + k_2 k_a \int_{N_{PC2}}^{N_{\max 2}} f_a(N_a) (N_a - N_{PC_a}) d(N_a), \quad (18)$$

где  $k_1$  – коэффициент, показывающий, какая часть людей погибнет от воздействия ВУВ без оказания медицинской помощи;

$k_B$  – среднее число взрывов в течение года в стране или регионе, в зависимости от масштабов создания сил и средств;

$N_{\max 1}$  – максимальное количество людей, оказавшихся в зонах поражения ВУВ, чел;

$N_{PC1}$  – расчетное количество пострадавших от действия ВУВ, чел;

$f_B(N_B)$  – плотность распределения числа людей в зонах поражения ВУВ, чел/км<sup>2</sup>;

$N_B$  – текущее значение числа людей, оказавшихся в зонах поражения ВУВ, чел;

$k_2$  – коэффициент, показывающий, какая часть людей дополнительно погибнет в зоне токсического воздействия АХОВ без оказания медицинской помощи;

$k_a$  – среднее число аварий с выбросом или проливом АХОВ;

$N_{\max 2}$  – максимальное количество людей, чел;

$N_{PC2}$  – расчетное количество людей, оказавшихся в зонах токсического воздей-

ствия АХОВ, чел;

$f_a(N_a)$  – плотность распределения числа людей в зонах токсического воздействия АХОВ, чел/км<sup>2</sup>;

$N_a$  – текущее значение числа людей, оказавшихся в зонах токсического воздействия АХОВ.

Общая величина математического ожидания дополнительных летальных потерь от комбинированного воздействия поражающих факторов с учетом вероятности аварии на каждом объекте определяется по формуле:

$$M(\Delta N_L) = \sum_{j=1}^n M_j(\Delta N_L), \quad (19)$$

где  $n$  – количество поражающих факторов при аварии.

Таким образом, предложенный методический подход и уточненный метод расчета объемов запасов сил и средств для ликвидации последствий аварий может быть использован специалистами научно-исследовательских институтов, проектных организаций, промышленных предприятий, нацеленных на обеспечение промышленной безопасности.

#### **Список литературы**

1. Махутов Н.А., Костин А.А., Костин А.И. Нормирование степени риска поражения людей при авариях на химически опасных объектах // *Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях*. – 1998. – № 2. – С. 36-49.
2. Трошкин Н.М., Егоров Е.В., Егорова Ю.А., Ключин А.В. Методический подход к проведению экспресс-оценки взрывоопасности химических производств // *Докл. академии воен. наук. – Саратов: Изд-во СВН ВВ МВД РФ, 2005. – № 4. – С. 46-49.*
3. Махутов Н.А., Костин А.А., Костин А.И. К вопросу определения целесообразного количества запасов сил и средств на случай чрезвычайных ситуаций // *ВИНИТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях*. – 1998. – № 6. – С. 64-72.
4. Охитин В.Н., Селиванов В.В. Математическое моделирование случайных газовых взрывов // *Физика горения и взрыва*. – 1995. – № 6. – С. 93-99.
5. Бубнов Л.В., Бахаревич Н.С., Романов А.И. *Промышленные взрывчатые вещества*. – М.: Недра, 1973. – 319 с.
6. *Управление риском в социально-экономических системах, концепция и методы ее реализации* // *ВИНИТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях*. – 1996. – № 2. – С. 18-60.
7. Махутов Н.А., Костин А.И. Эффективность мер по снижению опасности при чрезвычайных ситуациях // *ВИНИТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях*. – 1997. – № 10. – С. 64-72.
8. Костин А.А., Костин А.И. Критерии социального риска при авариях на химически опасных объектах // *ВИНИТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях*. – 1997. – № 1. – С. 63-77.

УДК 664.732.7

**ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИСКОВ  
НА РАБОТУ ПЛЮЩИЛКИ ЗЕРНА**

- © **М.А. Терёхин**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия  
(г. Пенза, Россия)
- © **В.П. Терюшков**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия  
(г. Пенза, Россия)
- © **В.В. Коновалов**, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)
- © **А.В. Чупшев**, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза,  
Россия)

**EFFECTS OF SPEED DRIVES TO WORK CONDITIONERS GRAIN**

- © **M.A. Terjochin**, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
- © **V.P. Teryushkov**, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)
- © **V.V. Konovalov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **A.V. Chupshev**, Penza State Agricultural Academy (Penza, Russia)

Представлено описание конструкции разработанной дисковой плющилки, рабочие органы которой выполнены из плоского и конического горизонтальных дисков. Представлены результаты экспериментальных исследований производительности устройства, мощности на привод, энергоёмкости процесса в виде регрессионных зависимостей от частоты вращения дисков. Обоснована частота вращения дисков 1000 мин<sup>-1</sup> по минимуму энергоёмкости.

**Ключевые слова:** плющилка зерна, плющильный диск, плющильный конус, производительность плющения, энергоёмкость плющения.

A description of the design developed disk Conditioners working bodies which are made of flat and conical horizontal discs. The results of experimental research device performance, power to the drive, the energy intensity of the process in the form of a regression of the speed drive. Substantiated speed drives 1000 min<sup>-1</sup> at minimum energy consumption.

**Key words:** grain conditioner, flaking drive calender cone crushing performance, energy intensity conditioning.

Основными условиями повышения эффективности производства продукции животноводства является улучшение качества выдаваемых животным кормов и снижение себестоимости их приготовления. Основным способом подготовки зерновых кормов к скармливанию является их измельчение. В настоящее время для приготовления концентрированных кормов на животноводческих фермах и в фермерских хозяйствах широко используются молотковые дробилки, ударно-центробежные измельчители, жерновые мельницы [1...3]. Недостатком указанных устройств является высокая доля пылевидной фракции в получаемом продукте. Кормовая пыль в процессе транспортировки к животным и при скармливании корма разлетается, уменьшая массу измельченного продукта (ввиду потерь из-за пыления), а также нарушает экологическую обстановку на животноводческой ферме, ухудшая микроклимат помещений и приводя к заболеваниям пищеварительного тракта животных вследствие плохого смачивания корма слюной и желудочным соком [4]. Плющение зерна на плющилках лишено указанного недостатка.

На данный момент плющилки зерна и вальцовые мельницы прочно вошли в производственный процесс приготовления кормов на животноводческих предприятиях России [5...11].

Конструкция разработанной дисковой плющилки позволяет качественно измельчать зерно, а также снизить его потери от пыления. Дисковая плющилка (рис. 1) состоит из рамы 1, на которой в подшипниковых узлах установлен ведущий вал 2, состоящий из двух

валов, соединенных шарниром равных угловых скоростей. Вал 2, получающий крутящий момент через муфту от электропривода 3, передает крутящий момент через цепные передачи на вал 5 и вал 4 привода механизма измельчения. На валу 5 жестко закреплен конический диск 6 диаметром 220 мм имеющий коническую рабочую поверхность с углом при вершине 155...165°, в зависимости от размера зерен измельчаемого материала.

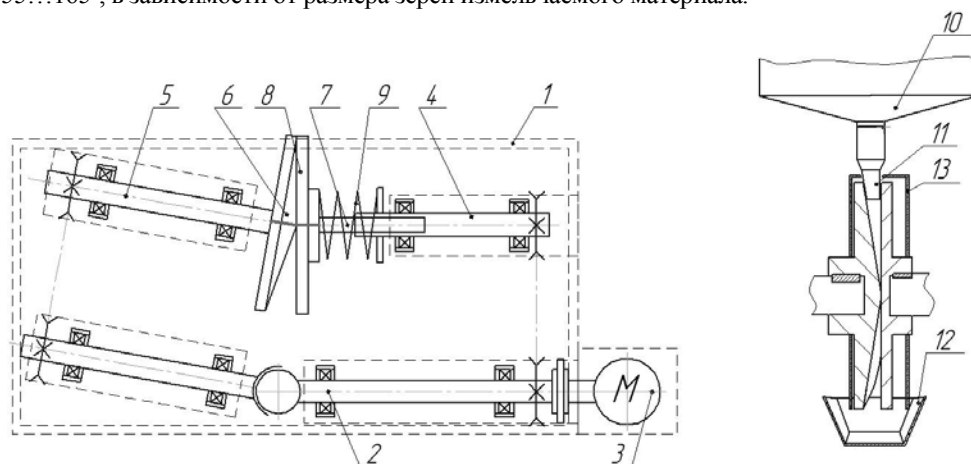


Рисунок 1 – Конструктивная схема дисковой плющилки:

1 – рама; 2 – ведущий вал; 3 – электропривод; 4,5 – ведомые валы; 6,8 – рабочие диски; 7 – вал-шток; 9 – пружина; 10 – загрузочный бункер; 11 – питающее устройство; 12 – выгрузной лоток; 13 – кожух

Внутри трубчатого вала 4 устанавливается вал-шток 7 с возможностью осевого перемещения по шлицам. В свою очередь, на валу-штоке жестко закреплен плоский диск 8 диаметром 220 мм, имеющий вертикальную плоскую рабочую поверхность.

Плоский диск прижимается к коническому диску посредством пружины сжатия 9. Жесткость пружины, а, следовательно, и прижимная сила дисков, изменяется регулировочной гайкой. Сверху на раме 1 закреплен загрузочный бункер 10 с заслонкой, а также питающее устройство 11. Готовый продукт собирается в лотке 12, расположенном под рабочими дисками. Разбрасыванию готового продукта препятствует расположенный вокруг рабочих дисков кожух 13. Наличие чистика обеспечивает очистку рабочей поверхности дисков от налипшего корма.

Дисковая плющилка работает следующим образом: зерно засыпают в загрузочный бункер 10. Включают электропривод, который через муфту приводит во вращение валы с рабочими дисками 6 и 8, вращающимися синхронно с одинаковой частотой. Открыв заслонку, настраивают необходимую подачу зерна на плющение. Необходимую толщину плющения устанавливают, изменяя прижимающую силу между рабочими дисками вращением гайки. Из питающего устройства измельчаемый материал попадает в сужающееся клиновое пространство. Под действием сил трения зерна о поверхности вращающихся дисков 6 и 8, а также под действием сил тяжести зерно перемещается вниз в зону захвата и далее в зону плющения. В результате воздействия на зерновку рабочих дисков происходит сдавливание зерна до заранее установленной толщины хлопьев без образования пылевидной фракции в конечном продукте. После зоны измельчения конечный продукт – хлопья под действием сил тяжести и центробежных сил собираются в лотке сбора 12 готовой продукции.

*Методика проведения экспериментов.* Экспериментальные исследования измельчителя зерна проводились для определения оптимальной частоты вращения рабочих дисков.

Проведение экспериментальных исследований осуществлялось в соответствии с требованиями руководящих документов: РД 10.19.2.-90, СТО АИСТ 19.2-2008 [12,13].

Исследования процесса измельчения производились на лабораторной установке, состоящей из дисковой плющилки, частотного преобразователя, ваттметра и соединительных проводов. Привод лабораторной установки дисковой плющилки осуществ-

ляется от электродвигателя мощностью 2,2 кВт. Частота вращения вала электродвигателя изменяется в широких пределах посредством частотного преобразователя. Мощность, потребляемая лабораторной установкой, фиксируется показаниями измерительного комплекса КИ-505. Повторность проведения замеров трехкратная [14].

Лабораторные исследования процесса измельчения зерна можно разделить на 5 стадий:

- отобранная партия зерна очищается от посторонних примесей, после чего засыпается в загрузочный бункер с закрытой заслонкой;

- замеряется мощность, потребляемая экспериментальной установкой на холостом ходу (без нагрузки). Включается в работу приводной электродвигатель. С помощью частотного преобразователя задается частота вращения вала электродвигателя. Ваттметром замеряется значение мощности, затраченной на привод измельчителя на холостом ходу;

- после включения электродвигателя открывается регулировочная заслонка. При установившемся режиме работы плющилки в течение 15-ти секундного интервала времени, осуществляется отбор приготавливаемого продукта. Ваттметром замеряется значение мощности в процессе работы;

- производится взвешивание массы готового продукта, собранного в лотке за 15-ти секунднй интервал времени работы плющилки, а также производится определение толщины хлопьев готового продукта;

- производится определение часовой и секундной производительности лабораторной плющилки, определение энергоёмкости плющения зерна в экспериментальной установке;

Производительность плющилки (кг/с) определяется как деление массы навески (кг) плющенного корма за 15 секунд на время сбора навески (с).

Энергоёмкость (Дж/кг) определяется как деление мощности привода (Вт) на производительность плющилки (кг/с).

После статистической обработки [14] экспериментальных результатов производительность (кг/с) плющилки зерна описали зависимостью (рис. 2):

$$Q=0,0000516 \cdot n, \tag{1}$$

где  $n$  – частота вращения дисковых вальцов, диаметром 220 мм,  $\text{мин}^{-1}$ .

Коэффициент корреляции  $R=0,97056$ , данные F-теста 0,944724. Тем самым, данная модель не входит в 95% доверительный интервал, поэтому переходим к модели второго порядка.

Производительность (кг/с) плющилки зерна описали квадратичной моделью (рис. 3):

$$Q=0,000051 \cdot n+5,763213 \cdot 10^{-10} \cdot n^2, \tag{2}$$

Коэффициент корреляции  $R=0,9706$ , данные F-теста 0,959506. Тем самым, данная модель входит в 95% доверительный интервал.

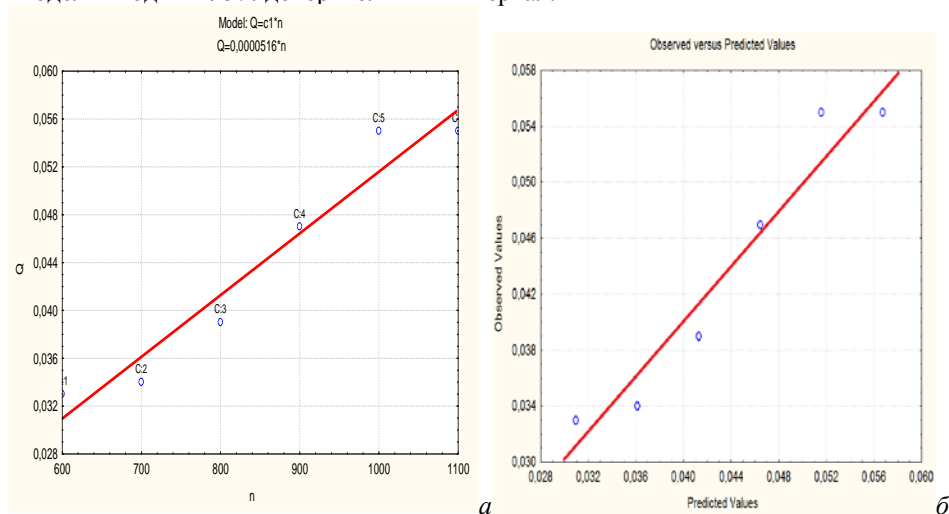


Рисунок 2 – График производительности плющилки  $Q$  (кг/с):

$a$  – в зависимости от частоты вращения плющильных дисков  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ );

$\bar{b}$  – соответствия расчетных (predicted) значений опытным (observed)

Однако коэффициент второй степени крайне незначителен, поэтому попробуем описать производительность иной моделью (рис. 4):

$$Q = 0,044165 + 0,011592 \cdot \sin[(n-860) \cdot 3,14/440] = 0,044165 + 0,011592 \cdot \sin[0,007136 \cdot (n-860)]. \quad (3)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,99794$ , данные F-теста  $0,996505$ . Тем самым, данная модель входит в 95% доверительный интервал. Учитывая, что данная модель адекватна и хорошо описывает опытные данные, ее и будем использовать при описании производительности плющилки.

После статистической обработки экспериментальных результатов мощность привода (Вт) плющилки зерна описали линейной зависимостью (рис. 5):

$$W = 300,819 + 0,499429 \cdot n. \quad (4)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,99999$ , данные F-теста  $0,999975$ . Тем самым, данная модель адекватно описывает опытные данные, входя в 95% доверительный интервал.

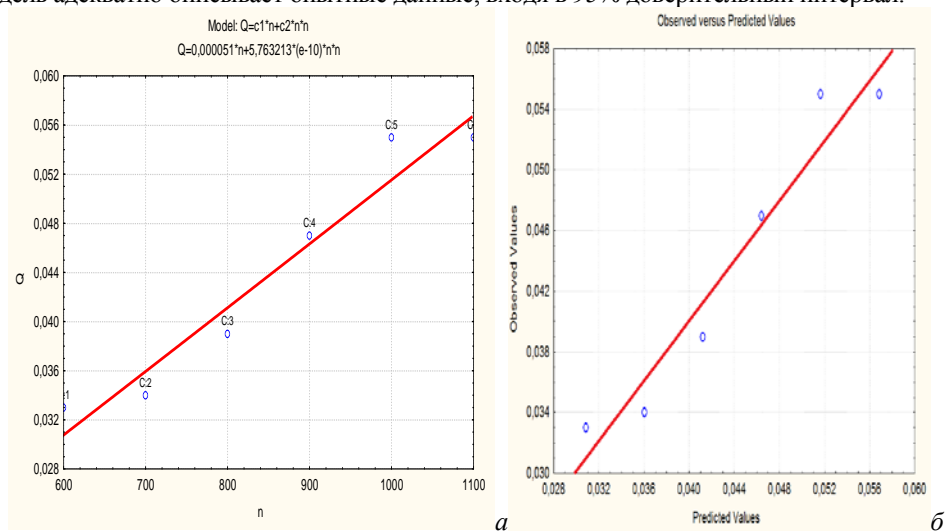


Рисунок 3 – График производительности плющилки  $Q$  ( $\text{кг/с}$ ):

$a$  – в зависимости от частоты вращения плющильных дисков  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ );

$\bar{b}$  – соответствия расчетных (predicted) значений опытным (observed)

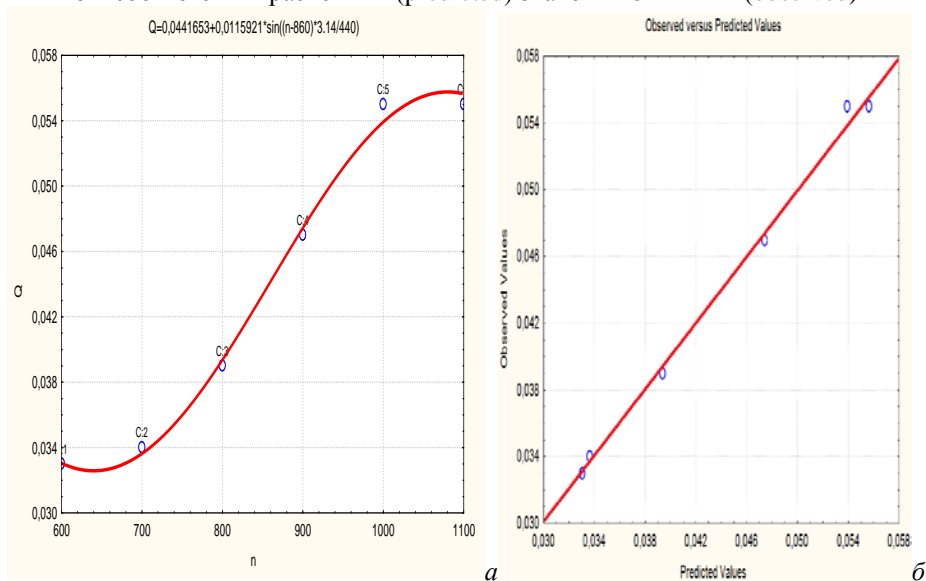


Рисунок 4 – График производительности плющилки  $Q$  ( $\text{кг/с}$ ):



а – в зависимости от частоты вращения плющильных дисков  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ );

б – соответствия расчетных (predicted) значений опытным (observed)

После статистической обработки результатов расчета энергоёмкости (Дж/кг) полученные результаты описали зависимостью (рис. 6):

$$Y = 16863,37 + 2280 \cdot \cos\left[\frac{(n-850) \cdot 3,14}{315}\right] + 1,535431 = 16863,37 + 2280 \cdot \cos\left[\frac{(n-850) \cdot 0,00997}{1} + 1,535431\right]. \quad (5)$$

Коэффициент корреляции  $R=0,9993$ , данные F-теста  $0,982452$ . Тем самым, данная модель адекватно описывает опытные данные, входя в 95% доверительный интервал.

Графический анализ полученных результатов позволил сделать вывод: минимальная энергоёмкость плющения соответствует частоте вращения дисков около  $1000 \text{ мин}^{-1}$ , обеспечивая наиболее высокую производительность плющилки ( $0,054 \text{ кг/с}$  или  $200 \text{ кг/ч}$ ).

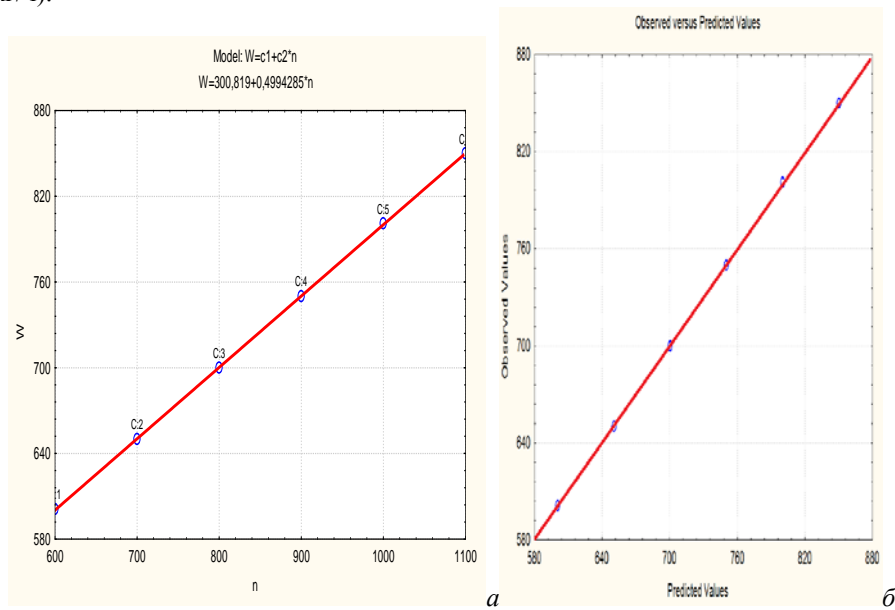


Рисунок 5 – График мощности привода плющилки  $W$  (Вт):

а – в зависимости от частоты вращения плющильных дисков  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ );

б – соответствия расчетных (predicted) значений опытным (observed)

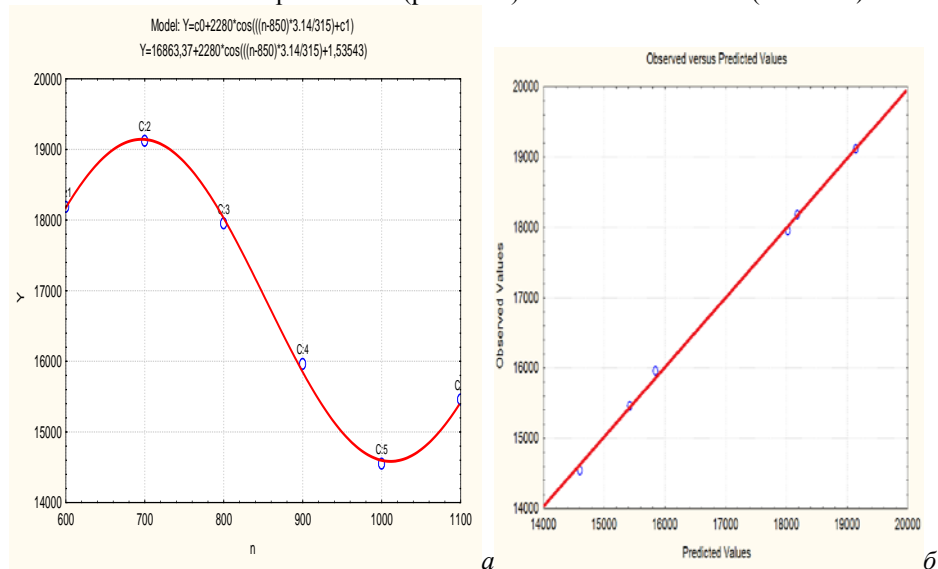


Рисунок 6 – График энергоёмкости плющения  $Y$  (Дж/кг):

а – в зависимости от частоты вращения плющильных дисков  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ );  
б – соответствия расчетных (predicted) значений опытным (observed)

**Список литературы**

1. Абдюкаева А.Ф. Оптимизация энергозатрат процесса измельчения зернового сырья / А.Ф. Абдюкаева, П.И. Огородников // *Современные проблемы науки и образования*. – 2007. – №1. – С. 30-36
2. Завражнов А.И. Механизация приготовления и хранения кормов / А.И. Завражнов, Д.И. Николаев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.
3. Коновалов В.В. Механизация технологических процессов животноводства / В.В. Коновалов, С.И. Щербаков, В.Ф. Дмитриев. – Пенза: РИО ПГСХА, 2006. – 275 с.
4. Коновалов В.В. Совершенствование технологического оборудования кормления поросят-отъемышей с разработкой и обоснованием параметров очистителя кормушек / Диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук. – Саратов, 1996. – 179 с.
5. Сыроватка В.И. Использование высоковлажного зерна в животноводстве / Труды ГОСНИТИ. – 2007. – Т. 100. – С. 127-131.
6. Сысуев В.А. Технология двухступенчатого плющения фуражного зерна / Сысуев В.А., Савиных П.А., Казаков В.А. // *Достижения науки и техники АПК*. 2012. № 6. С. 70-72.
7. Некрашевич В.Ф. Дисковая плющилка зерна. / Некрашевич В.Ф., Воробьева И.В., Иванова И.А., Слабиков А.Ф., Епифанцев Д.А. // *Сельский механизатор*. 2009. – № 9. – С. 23.
8. Курдюмов В.И. Снижение энергоемкости измельчения / Курдюмов В.И., Аюгин Н.П., Люгин Н.П. // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2008. – № 5. – С. 50-53.
9. Колобов М.Ю. Использование центробежно-ударной мельницы для измельчения зерна / Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Абалихин А.М., Баусов А.М. // *Техника в сельском хозяйстве*. – 2008. – № 4. – С. 52-53.
10. Сыроватка В.И. Исследование рабочих органов измельчителей семян рапса и фуражного зерна / Сыроватка В.И., Сергеев Н.С. // *Техника в сельском хозяйстве*. – 2008. – № 2. – С. 43-45.
11. Ведищев С.М. Теоретическое исследование влияния конструктивно-режимных параметров шнеколопастного смесителя на его производительность / Ведищев С.М., Хольшев Н.В. // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. – 2011. – № 2-2. – С. 23-26.
12. *Сельскохозяйственная техника. Машины и оборудование для приготовления кормов. Порядок определения функциональных показателей (СТО АИСТ 19.2-2008)*. – Мн: Минсельхозпрод, 2010. – Введ. 10.12.2010г. – 48 с.
13. *Руководящий документ. Испытания сельскохозяйственной техники: Машины и оборудования для приготовления кормов: Методы испытаний (РД. 10.19.2.-90)* – М., 1990. – 20 с.
14. Гумаров Г.С. Основы научного исследования и обработки опытных данных на компьютере / Г.С. Гумаров, В.В. Коновалов. – Уральск: Типография ТОО «Полиграфсервис», 2008. – 242 с.

УДК 004.054; 631.171

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ  
ПРЕДПРИЯТИЙ АПК**

- © *Т.В. Истомина, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *О.А. Мещеряков, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *Д.А. Фильченков, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *С.Г. Ларина, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*

**INFORMATION PROVISION ENTERPRISE BUSINESS PROCESSES AIC**

- © *T.V. Istomina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *O.A. Mescheryakov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *D.A. Filchenkov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *S.G. Larina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Рассмотрены отдельные вопросы тестирования программного обеспечения. Представлен пример применения моделирования бизнес-процессов компании при тестировании приобретаемого программного обеспечения.

**Ключевые слова:** тестирование, моделирование, бизнес-процесс, сельское хозяйство, программа.

Discussed some issues of software testing. The example of the application of modeling business processes for testing purchased software.

**Key words:** testing, individualized, modeling, business process, agriculture, program.

**E-mail:** o-mescheryakov@yandex.ru

Предприятиям агропромышленного комплекса в нашей стране в последние годы уделяется все больше внимания, этому способствует государственная поддержка, оказываемая сельскому хозяйству. Одним из следствий развития является повышенный интерес со стороны разработчиков программного обеспечения. Однако не все программы, предлагаемые сегодня на рынке, в полной мере подходят для применения в агропромышленных компаниях. Многие компании при принятии решения о приобретении нового программного продукта проводят тестирование приобретаемого программного обеспечения.

Тестирование программного обеспечения всегда являлось важным этапом разработки программного продукта и проводилось исключительно разработчиками программ. Однако в последнее время все чаще помимо тестирования во время разработки программного обеспечения (ПО) тестируется при его приобретении. Чаще всего тестируется программное обеспечение, приобретаемое для автоматизации бизнес-процессов компании. Проверяется, насколько приобретаемое ПО подходит для решения поставленных задач, т.е. тестирование функциональности программного продукта. В связи с этим вполне закономерно провести аналогию функционального тестирования с процессом проектирования и разработки автоматизированных информационных систем. Зачастую при проведении функционального тестирования одним из выполняемых процессов выступает бизнес-моделирование, в котором описываются процессы, подлежащие автоматизации в тестируемой программе.

При проведении функционального тестирования может помочь подготовка модели бизнес-процесса, составляемая с целью выявить основные требования к тестируемой программе и построить методику тестирования ПО, позволяющую проверить все необходимые функции приобретаемой программы. Проведение функционального те-

стирования будет особенно актуально в организациях, занимающихся специфической деятельностью со специфичными задачами, такой как сельское хозяйство [1].

Рассмотрим процесс функционального тестирования с применением бизнес-моделирования подробнее на примере тестирования программного обеспечения для автоматизации процесса формирования агроэкологических паспортов полей и на их основании планирования структуры посевных площадей. Для моделирования бизнес-процесса целесообразно применить UML-диаграммы. Диаграммы на языке UML широко используются при проведении бизнес-моделирования, а также все более активно применяются при разработке программного обеспечения, кроме того, гибкость и разнообразие нотаций языка UML позволяют использовать его не только при разработке, но и при тестировании уже готового ПО.

При проведении функционального тестирования оптимальным будет использование диаграммы прецедентов или диаграммы вариантов использования. Диаграмма вариантов использования в UML отражает отношения между абстрактными ролями и прецедентами и позволяет описать систему на концептуальном уровне [2].

Разработка диаграммы будет преследовать следующие цели:

- определить общие границы и контекст моделируемой предметной области;
- сформулировать общие требования к функциональному поведению проектируемой системы;
- разработать исходную концептуальную модель системы для ее последующей детализации в форме логических и физических моделей;
- подготовить исходную документацию для взаимодействия разработчиков системы с ее заказчиками и пользователями.

Основная цель построения этой модели – достигнуть взаимопонимания между тестировщиками и заказчиками (пользователями) по назначению, возможностям и технологии использования будущей информационной системы, т. е. определить границы ее применения. В связи с тем, что заказчик принимает активное участие в построении этой модели, она должна быть описана на его языке, т.е. с употреблением терминологии, принятой в рассматриваемой предметной области.

На основании данных о процессе планирования в растениеводстве с использованием агроэкологических паспортов участков строится UML диаграмма вариантов использования, представленная на рисунке 1.

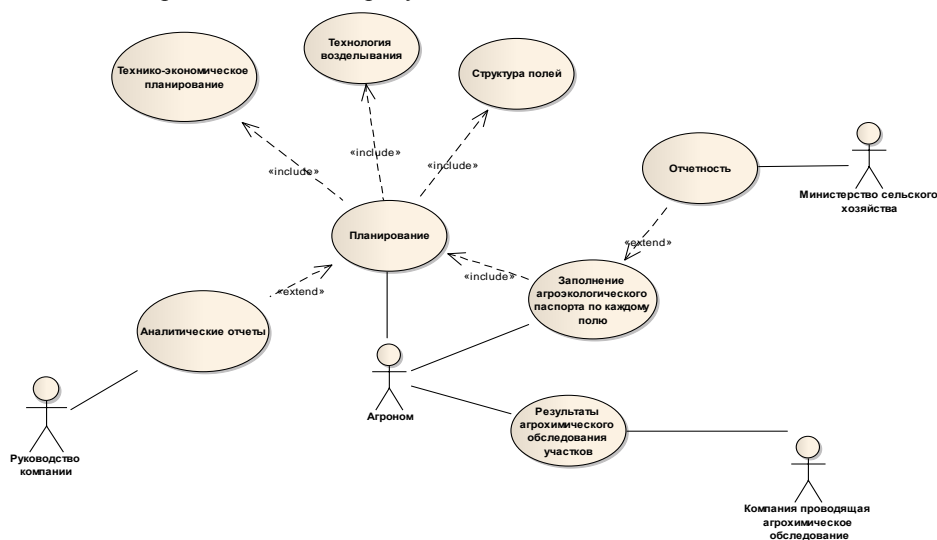


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

На основании построенной модели можно выделить функции, которые должны выполняться приобретаемым ПО.

Определенные в рамках построения модели бизнес-процессов функции системы можно условно разделить на основные и второстепенные.

Под функциями программного продукта понимается набор специфических операций, действий, выполняемых с помощью программного продукта и являющихся аналогами функций в автоматизируемом бизнес-процессе.

К основным функциям следует отнести те, выполнение которых приобретаемым ПО необходимо. Выполнение или невыполнение данных функций может напрямую повлиять на результат работы.

В рассматриваемом примере к основным функциям можно отнести: возможность занесения данных по агрохимическому обследованию в агроэкологические паспорта полей, ведения планирования в растениеводстве с использованием данных агрохимического обследования, наличие специализированных форм сдачи отчетности в министерство сельского хозяйства.

К желательным функциям системы нужно отнести те, наличие которых облегчит или улучшит выполняемый бизнес-процесс, но при этом не повлияет на результат его выполнения напрямую. К предпочтительным функциям в рассматриваемом примере можно отнести возможность формирования аналитических отчетов для руководства.

В качестве тестируемой программы рассмотрим ПО «1С: Предприятие 8. АгроХолдинг» [4].

Проведение тестирования показало, что данное ПО имеет:

- возможность ведения агроэкологических паспортов полей (пример представлен на рис. 2);
- использование данных агроэкологических паспортов при планировании структуры посевов и технологий возделывания культур;
- функции формирования официально утвержденных печатных форм для сдачи отчетности;
- широкий спектр аналитических отчетов.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что применение моделирования бизнес-процессов в целом и UML диаграмм вариантов использования в частности при проведении функционального тестирования будет способствовать не только улучшению взаимопонимания между заказчиком и тестировщиком, но и более четкому формулированию функций системы и формированию адекватной системы критериев тестирования ПО.

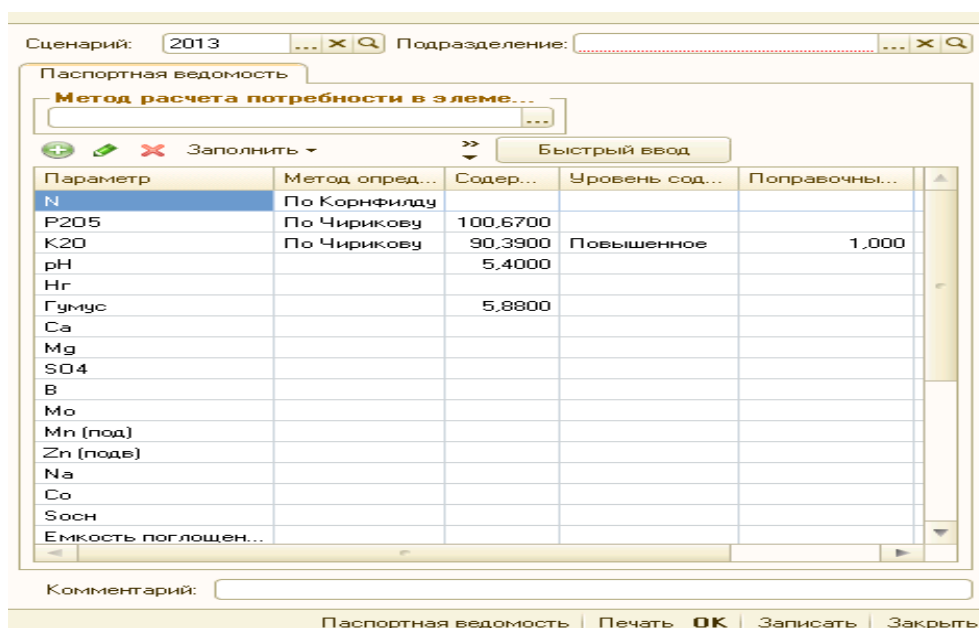


Рисунок 2 – Агроэкологический паспорт

Разработка индивидуализированных методик тестирования ПО с применением моделирования бизнес-процессов будет особенно актуальна для компаний, работающих в отраслях, которые только начинают развиваться и еще не имеют широкого круга программ, разработанных для использования в данной отрасли, например, предприятий агропромышленного комплекса.

**Список литературы**

1. *Истомина Т.В., Мецераков О.А. Методика тестирования программного обеспечения для сельскохозяйственных организаций // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2012. – № 8/13. – с. 108-114.*
2. <http://www.intuit.ru/studies/courses/32/32/info> (дата обращения: 02.12.2013)
3. <http://www.intuit.ru/studies/courses/32/32/info> (дата обращения: 04.12.2013)
4. <http://v8.1c.ru/hrm/> (дата обращения: 04.12.2013)

УДК 004.5

**СТРУКТУРА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИММУНО-БИОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

- © *В.Н. Елизаров, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
- © *Н.Ю. Келина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
- © *В.В. Пикулин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
- © *С.Н. Чичкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

**STRUCTURE AND MATHEMATICAL PROVIDING OF SPECIALIZED INFORMATION SYSTEM FOR IMMUNE-BIOCHEMICAL TESTS**

- © *V.N. Elizarov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *N.Y. Kelina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *V.V. Pikulin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *S.N. Chichkin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье рассмотрены вопросы разработки архитектуры и математического обеспечения специализированной информационной системы для иммуно-биохимических исследований.

**Ключевые слова:** иммуно-биохимические исследования, лабораторные информационные системы, математическое обеспечение

This article is devoted review the technology of designing and building specialized information system for immune-biochemical tests.

**Key words:** immune-biochemical tests, laboratory information systems, mathematical providing.

**E-mail:** elizarov1988@list.ru; nukelina@yandex.ru; vapikulin@yandex.ru

Создание специализированной лабораторной информационной системы (ЛИС) для клинико-диагностической лаборатории – сложная многоплановая задача, требующая решения ряда научно-технических задач, в частности, определение варианта архитектуры аппаратно-программного комплекса, выбор и разработка математических моделей и методов обработки результатов исследований с учётом особенностей предметной области (в данном случае, иммуно-биохимических исследований). В [1] предложен проект создания специализированной ИС для иммуно-биохимических

исследований, которая должна обеспечивать планирование эксперимента, регистрацию участников и показателей их состояния, регистрацию результатов эксперимента и накопление первичных данных о проводимых исследованиях, статистическую обработку результатов, формирование данных для принятия решений, учёт факторов, влияющих (предположительно) на показатели организма человека и др.

Одним из направлений развития ЛИС является расширение состава пользовательских функций для обеспечения информационной поддержки процессов специальных исследований, в частности, интенсивно развивающегося в последнее десятилетие нового научного направления биохимии, связанного с изучением функционирования гуморальной системы иммунитета. Современный подход к выбору лабораторной оценки состояния нарушений гомеостаза определяет актуальность иммуно-биохимического мониторинга у больных гипертонической болезнью и ишемической болезнью сердца [2].

Реализация ЛИС включает в себя:

- интерфейс для ввода и вывода данных (человеком-оператором; устройствами измерения значений биохимических показателей);
- база данных (БД) – хранилище актуальной информации о пациентах или участниках исследований, результатах клинико-диагностических исследований и т.п.;
- модули обработки данных (МОД) получают данные из БД, выполняют статистическую и интеллектуальную обработку, передают результаты в блок интерфейса для визуализации в текстовом, графическом виде (графики, диаграммы).

При разработке структуры системы следует обеспечить:

- возможность многопользовательской работы различных специалистов;
- вариативность методов обработки данных;
- вариативность устройств ввода-вывода;
- возможность использования различных терминальных устройств;
- простоту инсталляции программного обеспечения;
- значительный объем хранимых данных;
- минимизацию объема прикладного программного обеспечения, выполняемого на терминальных устройствах.

Для выполнения указанных требований система в целом должна базироваться на архитектуре «клиент-сервер» с «тонким» клиентом и поддержкой web-интерфейса. Для реализации веб-интерфейса (клиента) может быть применен язык гипертекстовой разметки HTML, каскадные таблицы стилей CSS и язык JavaScript. Для реализации сервера следует использовать язык программирования, поддерживающий работу в сети Интернет/интранет: C#, Java, Python, Ruby и т.д. В системе может быть использована база данных (БД) или БД и хранилище данных. Для работы с БД наиболее приемлемыми вариантами являются системы управления реляционными базами данных (СУБД) MySQL, MS SQL, PostgreSQL. Альтернативой реляционным БД, выступают документо-ориентированные БД – БД, специально предназначенные для хранения иерархических структур данных (документов) и обычно реализуемые с помощью подхода NoSQL. В основе документо-ориентированных СУБД лежат документные хранилища, имеющие структуру дерева, например, СУБД CouchDB, Couchbase, MongoDB, Berkeley DB XML.

Концепция MVC [9] позволяет разделить данные, представление и обработку действий пользователя на три отдельных компонента (рисунок 1):

- блок «модель» (Model), который предоставляет методы работы с данными, реагирует на запросы, изменяя своё состояние; не содержит информации о способе визуализации знаний;
- блок «представление» (View), обеспечивающий интерфейс для ввода, изменения и вывода информации (визуализация). В качестве представления чаще всего используется форма (окно) с графическими элементами;
- блок «контроллер» (Controller), обеспечивающий связь между пользователем и системой: контролирует ввод данных пользователем и использует модель и представление для реализации необходимой реакции системы на запросы пользователя.

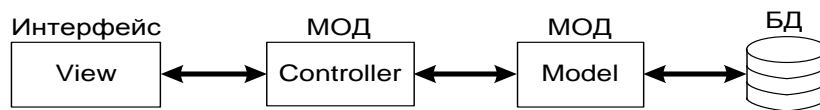


Рисунок 1 – Структурная схема ЛИС

В концепции MVC блок Model должен выполнять функции доступа к данным и реализовывать бизнес-логику; в рамках ЛИС сюда следует отнести процедуры решения статистических задач (оценка законов и параметров распределения; сравнение параметров разных выборок; выявление статистических связей) [5], процедуры интеллектуальной обработки данных, реализующие методы Data Mining (извлечение из большого массива информации нетривиальных знаний: фактов, структур, взаимоотношений). Этот подход помогает решать следующие основные типы задач [4]:

- 1) кластеризация – группировка объектов на основе данных, описывающих свойства объектов;
- 2) классификация – установление зависимости дискретной выходной переменной (метка класса) от входных переменных;
- 3) регрессия – установление зависимости непрерывной выходной переменной от входных переменных;
- 4) ассоциация – выявление закономерностей между связанными объектами.

Кластеризация может быть применена для сегментации пациентов. Сегментация – объединение объектов по каким-либо признакам. После этого удобно работать не с конкретным пациентом, а с группой пациентов (кластером).

Применение кластерного анализа в общем виде сводится к следующим этапам:

- отбор выборки объектов для кластеризации;
- определение множества переменных, по которым будут оцениваться объекты в выборке. При необходимости – нормализация значений переменных;
- вычисление меры сходства между объектами;
- применение метода кластерного анализа для создания групп сходных объектов (кластеров);
- представление результатов анализа.

Задача кластерного анализа заключается в том, чтобы на основании данных, содержащихся во множестве  $X$ , разбить множество объектов  $G$  на  $m$  ( $m$  – целое) кластеров (подмножеств)  $Q_1, Q_2, \dots, Q_m$  так, чтобы каждый объект  $G_j$  принадлежал одному и только одному подмножеству разбиения [6]. А объекты, принадлежащие одному и тому же кластеру, были сходными, в то время как объекты, принадлежащие разным кластерам, были разнородными.

При разработке процедур измерения близости объектов следует устранить возникающие трудности: неоднозначность выбора способа нормировки и определения расстояния между объектами.

Основными способами определения близости между объектами являются представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Основные метрики

Метрика	Описание	Формула
Евклидово расстояние	Евклидово расстояние является самой популярной метрикой в кластерном анализе. Геометрически оно лучше всего объединяет объекты в шарообразных скоплениях.	$\rho(x, y) = \sqrt{\sum_i^n (x_i - y_i)^2}$
Квадрат Евклидова расстояния	Квадрат Евклидова расстояния используется для придания больших весов более отдаленным друг от друга объектам.	$\rho(x, y) = \sum_i^n (x_i - y_i)^2$



Манхэттенское расстояние (расстояние городских кварталов)	Манхэттенское расстояние в большинстве случаев приводит к результатам, подобным Евклидовой метрике, однако, эта мера снижает влияние отдельных выбросов (по сравнению с использованием Евклидова расстояния), поскольку здесь координаты не возводятся в квадрат.	$\rho(x, y) = \sum_i^n  x_i - y_i $
Расстояние Чебышева	Расстояние Чебышева рекомендуется использовать, когда необходимо определить два объекта как «различные», если они отличаются по какому-то одному измерению.	$\rho(x, y) = \max( x_i - y_i )$
Степенное расстояние	Обобщенное степенное расстояние представляет только математический интерес как универсальная метрика.	$\rho(x, y) = \sqrt[r]{\sum_i^n (x_i - y_i)^p}$

При создании ЛИС следует обеспечить возможность использования различных метрик для выполнения исследований и формирования вариативных кластеров.

Задачу кластеризации можно ставить как задачу дискретной оптимизации: необходимо так приписать номера кластеров  $y$ , объектам  $x_i$ , чтобы значение выбранного функционала качества приняло наилучшее значение. Существует много разновидностей функционалов качества кластеризации, но нет самого правильного функционала. По сути дела, каждый метод кластеризации можно рассматривать как точный или приближённый алгоритм поиска оптимума некоторого функционала [7].

Среднее внутрикластерное расстояние должно быть как можно меньше [6]:

$$F_0 = \frac{\sum_{i < j} [y_i = y_j] \rho(x_i, x_j)}{\sum_{i < j} [y_i = y_j]} \rightarrow \min$$

Среднее межкластерное расстояние должно быть как можно больше:

$$F_0 = \frac{\sum_{i < j} [y_i \neq y_j] \rho(x_i, x_j)}{\sum_{i < j} [y_i \neq y_j]} \rightarrow \max$$

Если алгоритм кластеризации вычисляет центры кластеров  $\mu$ ,  $y \in Y$ , то можно определить функционалы, вычислительно более эффективные. Сумма средних внутрикластерных расстояний должна быть как можно меньше:

$$\Phi_0 = \sum_{y \in Y} \frac{1}{K_y} \sum_{y_i = y} \rho^2(x_i, \mu_y) \rightarrow \min,$$

где  $y_i$  – номера кластеров,  $x_i$  – объекты,  $\rho$  – мера расстояния,  $\mu$  – центр масс кластера,  $K_y = \{x_i \in X^l \mid y_i = y\}$  - кластер с номером  $y$ .

Сумма межкластерных расстояний должна быть как можно больше:

$$\Phi_1 = \sum_{y \in Y} \rho^2(\mu_y, \mu) \rightarrow \max,$$

На практике вычисляют отношение пары функционалов, чтобы учесть как межкластерные, так и внутрикластерные расстояния:

$$F_0/F_1 \rightarrow \min, \text{ либо } \Phi_0/\Phi_1 \rightarrow \min.$$

Классификация используется, если заранее известен набор классов, к которым должен быть отнесен объект, исходя из своих характеристик. Например, при отнесении пациента к той или иной группе или диагностике заболевания на основе наблюдаемых симптомов. По сути, классификация – присвоение объекту метки определенного класса.

Формальная постановка задачи классификации звучит так: пусть  $X$  множество описаний объектов,  $Y$  конечное множество номеров (имён, меток) классов. Существует неизвестная целевая зависимость – отображение  $y^* : X \rightarrow Y$ , значения которой известны только на объектах конечной обучающей выборки  $X^m = \{(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)\}$ , сгенерированная согласно вероятностной мере  $P$ . Требуется построить алгоритм  $\alpha : X \rightarrow Y$ , способный классифицировать произвольный объект  $x \in X$  [8].

Регрессия используется для установления зависимостей между факторами. У задач классификации и регрессии много общего, в частности – нахождение зависимости между входными и выходными характеристиками. Разработано множество методов и алгоритмов решения таких задач. Условно методы можно разделить на статистические и методы машинного обучения.

Статистические методы, основанные на математической статистике, включают в себя линейную и логистическую регрессию, байесовскую классификацию и др. Методы же машинного обучения используют модели, основанные на обучении: деревья решений, решающие правила, нейросети и т.п.

Ассоциативные правила помогают выявить закономерности, например, в динамике протекания болезни пациента или группы пациентов в зависимости от места проживания.

Для оценки объема хранимых лабораторных данных пациентов (результатов анализа крови, иммунобиологических исследований) примем, что:

- $\Pi$  – множество пациентов (физических лиц, участвующих в исследовании); мощность множества  $N=|\Pi|$ ;
- $G = \{G_1, G_2, \dots, G_n\}$  – множество групп показателей, характеризующих состояние организма человека;
- $G_i$  –  $i$ -я группа показателей;
- $n$  – количество групп показателей (мощность множества  $G$ );
- $P_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iq}\}$  – множество показателей  $i$ -й группы, характеризующих состояние человека;
- $\Phi = \{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_m\}$  – множество групп факторов, учитываемых в процессе исследования;
- $m$  – количество групп факторов (мощность множества  $\Phi$ );
- $\Phi_i = \{\phi_{i1}, \phi_{i2}, \dots, \phi_{i\mu}\}$  – множество факторов  $i$ -й группы, учитываемых в процессе исследования.

Тогда объем хранимых данных можно оценить как количество «однократных» записей (без учета накопления за какой-либо период) в БД

$$V = |\Pi| \sum_{i=1}^n |G_i| \sum_{j=1}^m |\Phi_j|,$$

при  $|\Pi| \sim 100$ ;  $n = 1$ ,  $m = 1$ ;  $q \approx 10$ ;  $\mu \approx 10$  получим  $V \sim 10^4$  записей,

при  $|\Pi| \sim 100$ ;  $n = 10$ ,  $m = 10$ ;  $q \approx 10$ ;  $\mu \approx 10$  получим  $V \sim 10^6$  записей.

Значение  $|\Pi| \sim 100$  принято исходя из необходимого объема статистических данных для получения достоверных статистических оценок результатов биохимических

исследований. При формировании временных рядов объем данных в течение года может возрасти на порядок.

Таким образом, для создания современной ЛИС для иммуно-биохимических исследований, обеспечивающей накопление и оперативную обработку результатов лабораторного анализа с эргономичным пользовательским интерфейсом, требуется учесть множество факторов, существенно влияющих на корректность результатов иммуно-биохимического исследования, и реализовать большое количество методов по обработке информации для возможности всестороннего исследования.

#### **Список литературы**

1. *Открытые инновации – вклад молодежи в развитие региона: сборник материалов регионального молодежного форума: в 2 т. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – Т.1. – С. 93-96.*
2. *Келина Н.Ю., Пикулин В.В., С.Н. Чичкин, П.В. Некрасов Разработка специализированной информационной системы для иммуно-биохимических исследований / Информационные ресурсы и системы в экономике, науке и образовании: сборник статей II международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012. – С. 47-50.*
3. *Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика: от данных к знаниям: учебное пособие. 2-е изд., испр. – СПб.: Питер, 2013. – 704 с.: ил.*
4. *С. Е. Дромашко. Математическое и компьютерное моделирование в биологии: учеб.-метод. пособие. – Минск: ИПНК, 2009. – 65 с.: ил.*
5. *Буреева Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA»: Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». – Нижний Новгород: 2007. – 112 с.*
6. *Воронцов К.В. Алгоритмы кластеризации и многомерного шкалирования. Курс лекций. МГУ, 2007.*
7. *Информационно-аналитический ресурс, посвященный машинному обучению, распознаванию образов и интеллектуальному анализу данных – [www.machinelearning.ru/](http://www.machinelearning.ru/)*
8. *Фаулер Мартин. Архитектура корпоративных программных приложений: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 544 с.: ил. – Парал. тит. англ. с.347.*

**УДК 004.054; 631.171**

#### **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ХРАНЕНИЯ И ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

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

#### **SOFTWARE COMPLEX FOR THE MEDICAL IMAGES CENTRALIZED STORAGE AND PROCESSING**

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

Рассмотрены вопросы создания централизованной системы хранения и обработки медицинских изображений. Представлен образец системы хранения и обработки медицинских изображений, удовлетворяющий требованиям кроссплатформенности, масштабируемости и низкой стоимости лицензирования и владения.

**Ключевые слова:** централизованное хранение, медицинское изображение, кроссплатформенность, свободное программное обеспечение, программный комплекс.

Discussed some issues of the medical images storage and processing centralized system creation. The sample of medical images storage and processing system, meeting requirements of a cross-platform, scalability and low cost of licensing and possession are presented.

**Key words:** centralized storage, medical image, cross-platform, free software, program complex.

**E-mail:** bob-magni@yandex.ru.

На сегодняшний день можно с уверенностью сказать, что без использования современных информационных технологий не может эффективно работать ни одно медицинское учреждение. Однако в данном направлении остаются некоторые недостаточно проработанные вопросы, решение которых могло бы существенно облегчить работу соответствующего медицинского персонала, а также повысить эффективность оказываемых услуг. К числу таких вопросов следует отнести централизованное хранение и обработку медицинских изображений. В данном случае идет о том, чтобы хранить все изображения, созданные в одном условном регионе, в единой централизованной базе данных. Такой подход позволил бы специалисту иметь доступ к необходимой информации вне зависимости от места проведения обследования, кроме того, это позволит повысить надежность хранения информации, а также даст возможность проведения дистанционного обследования, в том числе с использованием web-технологий. Представленные в настоящее время на рынке системы подобного типа имеют схожую структуру и набор функциональных возможностей, однако имеют высокую стоимость. Перспективным является создание кроссплатформенной масштабируемой системы, обладающей относительно невысокой стоимостью, имеющей интуитивно понятный пользовательский интерфейс и продуманную внутреннюю структуру, отвечающую в то же время всем современным стандартам в области хранения и обработки медицинской информации.

Задача интеграции локальных разрозненных систем регулярно возникает во многих отраслях хозяйства, особенно в тот момент, когда встает необходимость в наличии свободного доступа к любым ее составляющим, координации, а также оценки эффективности и модернизации. Во всем мире инвестиции в интеграцию и автоматизацию имеют лидирующие позиции среди методов повышения эффективности и экономичности здравоохранения.

Для достижения поставленной задачи необходимо выбрать соответствующие язык разработки и систему управления базами данных (СУБД). В качестве языка был выбран Java, отвечающий требованиям кроссплатформенности (не требует перекомпиляции для различных операционных систем) и обладающий мощными инструментами для web-разработки [1]. Программа, написанная на Java, не зависит от архитектуры компьютера и может выполняться на любом устройстве, для которого имеется соответствующая виртуальная машина. Таким образом, можно существенно облегчить взаимодействие с медицинским оборудованием различных производителей. В качестве СУБД выбор был сделан в пользу FireBird, которая является компактной и кроссплатформенной, обладает высокой эффективностью и мощной языковой поддержкой для хранимых процедур и триггеров; кроме того, является полностью свободным программным обеспечением, в том числе для коммерческого использования [2]. Опыт использования данного продукта для промышленных и коммерческих нужд показал его высокую производительность и надежность, умеренный рост размеров информационной базы и относительную простоту обслуживания. В качестве GUI-оболочки для проектирования базы данных использован продукт IVExpert, являющийся свободным для использования в странах постсоветского пространства.

Для эффективного хранения и обработки запросов в реляционных базах данных необходимо выбрать подходящую структуру хранения данных в виде таблиц, которая позволит в случае необходимости масштабировать имеющуюся систему. Каждая таблица в данном случае описывает отдельный объект: оборудование, страну-производителя, персонал, заключения, должности, подразделения, изображения (рис. 1). В случае необходимости, состав хранимых данных может быть расширен без каких-либо проблем.

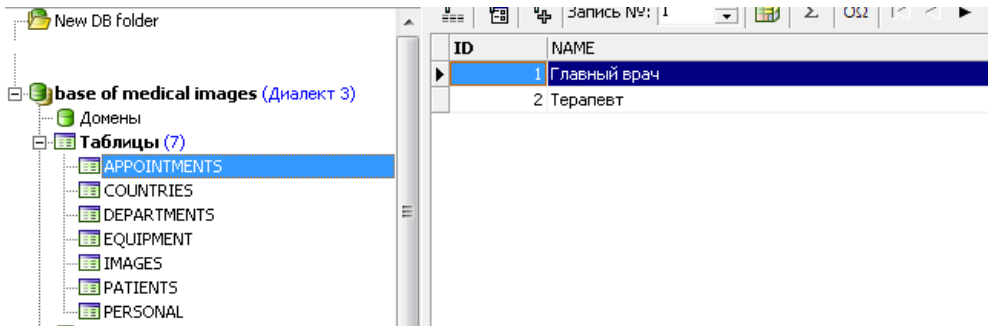


Рисунок 1

Окно клиентской части системы приведено на рисунке 2.



Рисунок 2

В центральной части окна отображается текущее изображение, в левой части расположена панель поиска: возможен отбор по пациенту, по диагностическому оборудованию, на котором проводилось исследование, а также по дате его проведения (рис. 3). По выбранным параметрам формируется запрос к базе данных с использованием промышленного стандарта JDBC, который является платформенно-независимым.

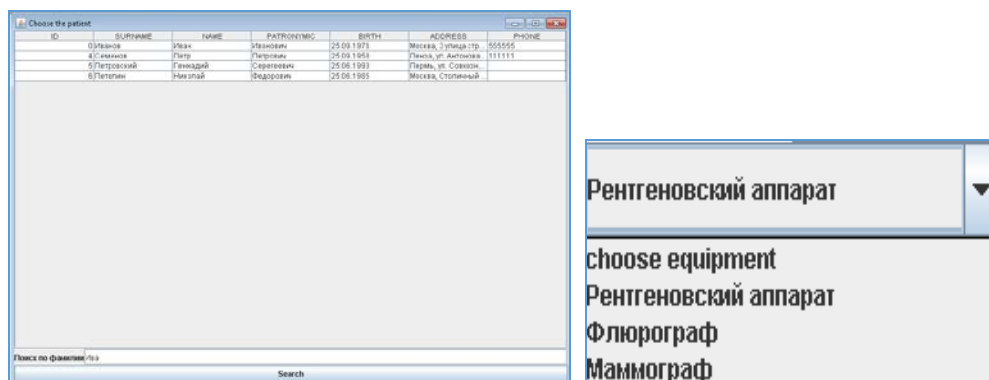


Рисунок 3

Если изображение найдено, оно отображается в центральной части окна приложения (рис. 4).

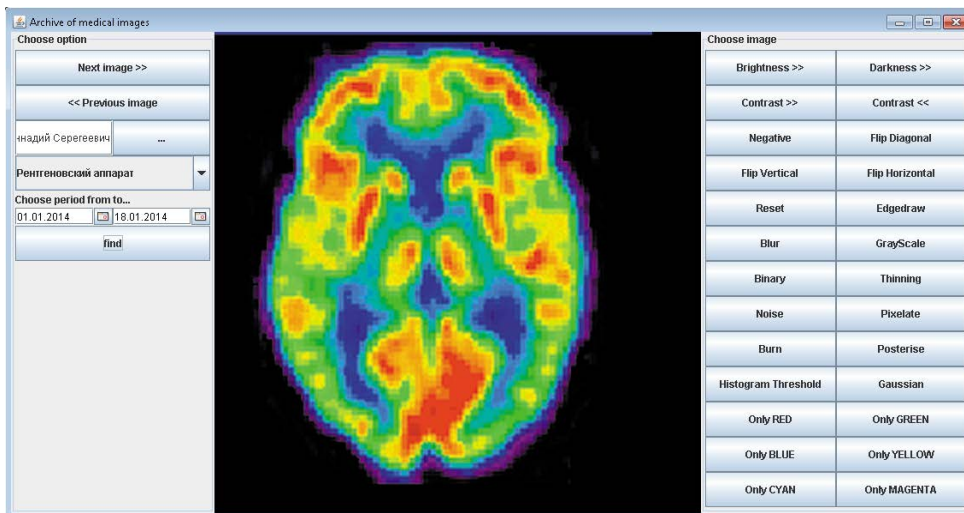
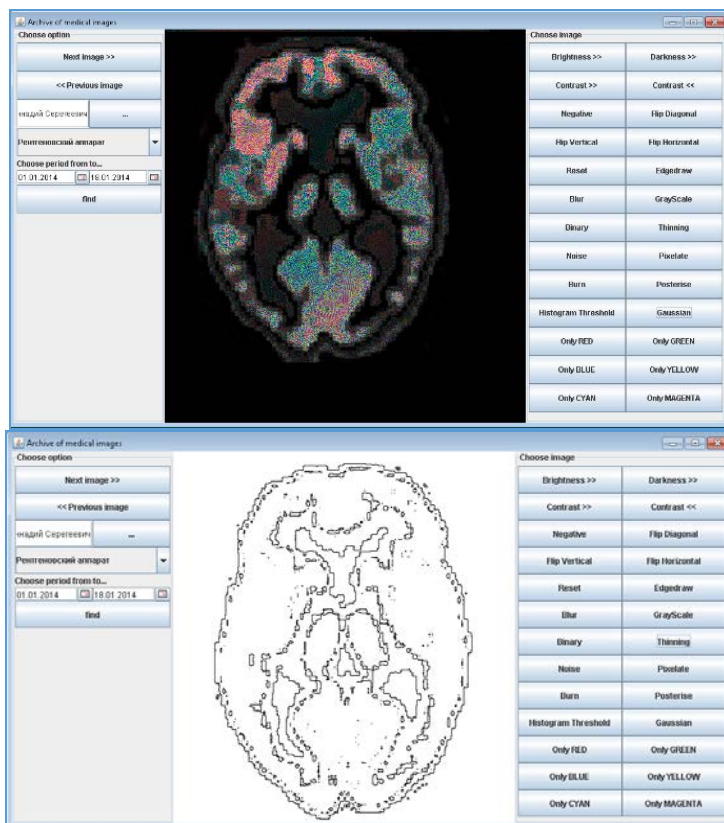


Рисунок 4

Правая панель предназначена для работы с изображением, при этом доступен широкий набор операций: поворот изображения, изменение яркости, изменение контраста, выделение контуров внутри изображения, многочисленные фильтры (Гауссиан, красный, зеленый, желтый, голубой и другие), а также пороговая обработка изображения (некоторые из описанных функций, представлены на рис. 5).



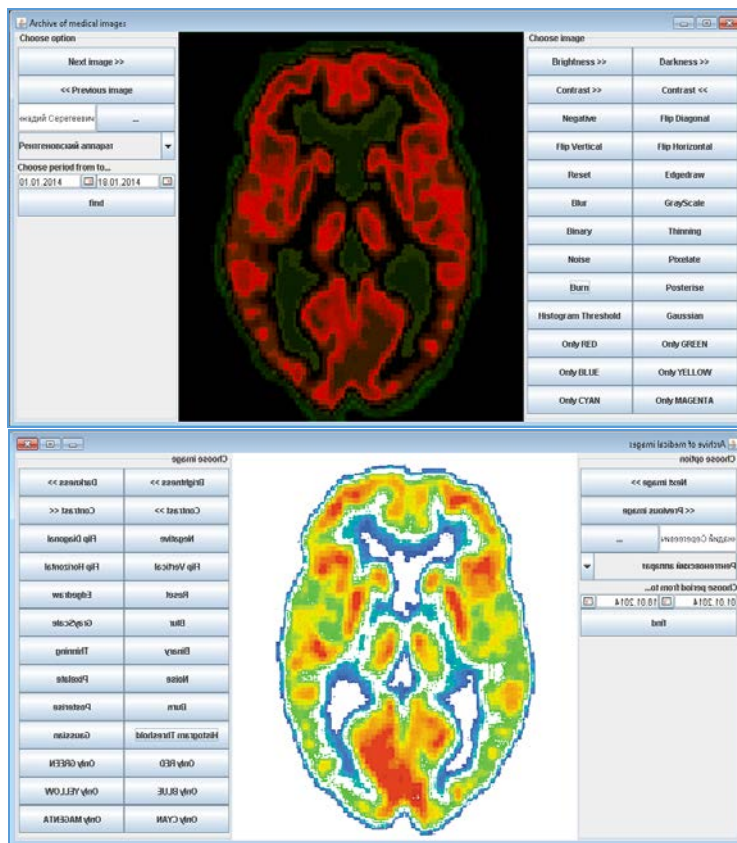


Рисунок 5

На данный момент существуют следующие перспективы развития функционала системы: создание программной части для диагностического оборудования для автоматического сохранения изображения в базу данных, развитие функционала по обработке изображений по части измерения длин и углов объектов изображения, создания текстовых аннотаций, а также 3D визуализация.

#### **Список литературы**

1. Герберт Шилдт. *Java полное руководство*. М.: – Вильямс, 2012. – 1104 с.
2. Борри Хелен. *Firebird в подлиннике. Руководство разработчика баз данных СПб.: – БХВ-Петербург, 2006. – 1104 с.*

УДК 004.054; 631.171

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

- © *T.V. Istomina, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*  
© *V.O. Dunin, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*  
© *V.A. Egorov, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

**DESIGNING AND DEVELOPING INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS TO SUPPORT MEDICAL FACILITIES**

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

Рассмотрены отдельные вопросы проектирования облачных сервисов и доставки приложений до конечного пользователя. Представлена концептуальная модель организации вспомогательных сервисов для медицинского учреждения.

**Ключевые слова:** облачные технологии, медицинское учреждение, виртуализация, интеллектуальные системы.

Separate questions of designing cloud services and application delivery to the end user. The conceptual model of the organization of ancillary services for the medical facility.

**Key words:** cloud technology, medical treatment, virtualization, intelligent systems.

**E-mail:** duninv@gmail.com, Egorov-VI@inbox.ru

Учитывая современные тенденции развития информационных технологий, в работе предлагается реализация информационной системы поддержки медицинских учреждений, способной агрегировать и анализировать данные, предоставляя пользователям информацию о возможных трендах текущей медицинской обстановки, анализировать рынок и оказывать оперативную помощь пользователям на основе встроенной картотеки пациентов.

Целью работы является создание специализированной единой информационной системы, агрегирующей итоги последних изменений в сфере медицины, с возможностью подключения и группирования вокруг единого информационного ядра различных информационных систем (ИС) не только поддержки, но и оптимизации работы по предоставлению медицинских услуг, и, как следствие, повышения качества исследований и методик лечения различных заболеваний, а также способствование их повсеместного применения во врачебной практике. ИС, решающую подобный круг задач, можно приравнять к экспертной системе (ЭС).

К задачам, решаемым ЭС, следует относить задачи, решаемые людьми-экспертами в определенной предметной области. Для решения какой-либо задачи в ЭС используется некая база знаний, описывающая закономерности данной предметной области. Таким образом, ЭС – это некая ИС, использующая математические алгоритмы для решения задачи предметной области и имеющая базу знаний. Задачи, налагаемые на ЭС, можно решать различными подходами, некоторые из них рассмотрим ниже. Особенностью решения подобных задач является наличие большого количества неизвестных переменных, в таком случае использовать линейные методы решения невозможно. Вспомогательная система медицинского учреждения – некая система, которая упрощает взаимодействие медицинских работников, пациентов в рамках лечебного заведения. Также данная система позволяет собирать и прогнозировать на основе совокупности данных, полученных в результате наблюдения за пациентами, общие тренды по развитию массовых заболеваний, болезней и т. д.

Решение поставленных задач может осуществляться линейными методами. При использовании таких методов для решения поставленной задачи используется жестко определенный алгоритм действий. Пример применения линейного метода – ситуация, в



которой нужно определить температуру пациента. Показания термометра должны находиться в определенном диапазоне, в данном диапазоне есть нормальное состояние, нестабильное состояние и опасное состояние. При получении данных о температуре можно однозначно судить о состоянии пациента.



Рисунок 1 – Схема линейного алгоритма

На данный момент 99% систем работают на линейных алгоритмах (так как для решения поставленных задач этого достаточно). Пример – система фильтрации содержимого сайтов, или система фильтрации нежелательной электронной корреспонденции (спама). Для осуществления фильтрации используется набор правил, на основании которых производится определение – в запросе ищутся ключевые слова, либо используется конкретный список доменных имен (аналогично и с системой фильтрации спама). Типовая система показана на рисунке 1.

Приведённые задачи можно классифицировать следующим образом:

- интерпретация данных;
- диагностирование;
- мониторинг;
- проектирование;
- прогнозирование;
- сводное планирование;
- оптимизация;
- обучение;
- управление;
- отладка.

Перечисленные виды задач требуют принятия решения в условиях недостаточного объема данных, большого количества «сырой» информации в условиях оперирования большими объемами данных. Общая схема работы таких систем представлена на рисунке 2.

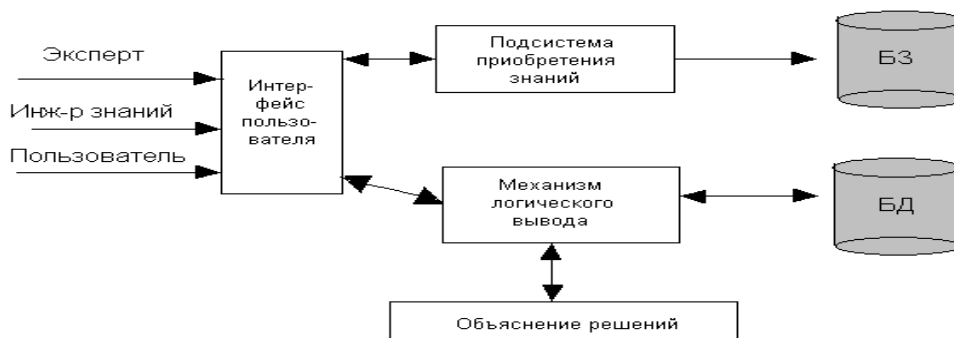


Рисунок 2 – Общая схема работы экспертной системы

Механизм логического вывода предназначен для получения новых фактов на основе сопоставления исходных данных из рабочей памяти и знаний из базы знаний. Данный механизм позволяет сформировать заключения, воспринимая вводимые факты как элементы правил, отыскивая правила, в состав которых входят введенные факты, и актуализируя те части, которым соответствуют введенные факты. В обычном случае механизм вывода может выполнять одну или обе из следующих операций:

- проверка истинности некоторого факта: истинным считается факт, если выведенный по законам формальной логики из имеющейся базы фактов и правил;
- нахождение множества значений параметра некоторого правила, при котором данное правило превращается в истинный факт.

Основным правилом вывода в традиционной логике является правило, согласно которому мы судим об истинности высказывания  $B$  по истинности высказываний  $A$  и  $A - B$ . Нечетким множеством  $A$  в некотором непустом пространстве  $X$  называется множество пар  $(x, \mu_A(x))$ , где  $\mu_A(x)$  – функция принадлежности нечеткого множества  $A$ . Эта функция приписывает каждому элементу  $x$  степень его принадлежности нечеткому множеству  $A$ .

Подсистема объяснений – программная часть, позволяющая получить в качестве ответа на вопросы: «Каким образом было получено то или иное решение?» и «Каким образом было принято данное решение?» трассировку всего процесса вывода решения с указанием использованных фрагментов базы знаний.

База знаний – совокупность знаний, относящихся к некоторой предметной области и формально представленных таким образом, чтобы на их основе можно было осуществлять рассуждения. Модели представления знаний можно разделить на 3 вида:

- продукционные модели, которые позволяют представить знание в виде предложений типа: «ЕСЛИ условие, ТО действие». Такие модели обладают существенным недостатком: при накоплении достаточно большого числа правил, они начинают противоречить друг другу. Схема работы системы мед учреждения представлена на рисунке 3.

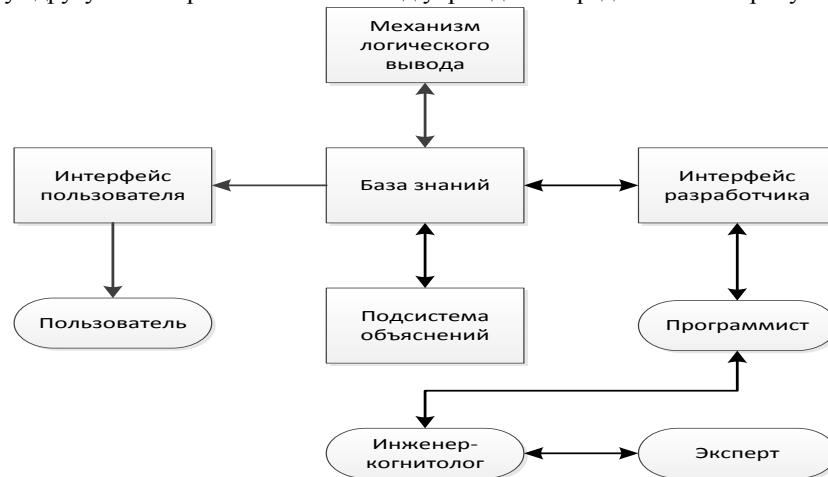


Рисунок 3 – Обобщённая схема экспертной системы анализа информации медучреждений

В ЭС используется ряд элементов, которые программно реализуются в рамках приложения, описывающего предметную область. Среди сущностей можно отметить:

- сетевые модели или семантические сети – как правило, представленные графами, отображающими смысл целостного образа. Узлы графа соответствуют понятиям и объектам, а дуги – отношениям между объектами;
- фреймовые модели, в основе которых используют так называемые фреймы – структуры данных для представления некоторого концептуального объекта. Информация, относящаяся к фрейму, содержится в составляющих его слотах, кото-

рые могут быть терминальными либо являться сами фреймами, образуя целую иерархическую сеть;

- интерфейс пользователя – подсистема, позволяющая организовать взаимодействие пользователя с системой;
- интерфейсом разработчика является программная среда, позволяющая вносить исправления в работающий код;
- отладку и проверку адекватности работы системы выполняют программист, инженер-когнитолог и эксперт;
- инженер-когнитолог – специалист по искусственному интеллекту, проектирующий и создающий экспертную систему. Обычно инженер по знаниям выступает в роли посредника между экспертом и базой знаний;
- эксперт – лицо, заведомо считающееся компетентным в конкретной предметной области.

На рисунке 4 представлена диаграмма использования системы, описывающая взаимодействие различных пользователей с системой.

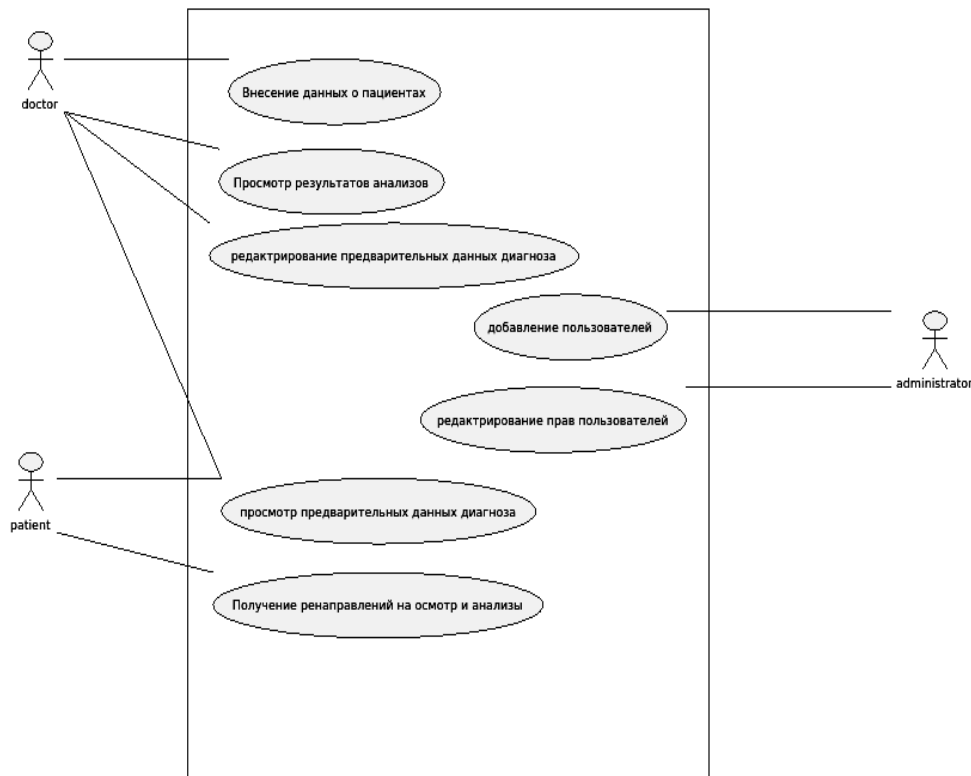


Рисунок 4 – UML диаграмма использования общая схема системы

Стандартная схема ЭС в общем виде представляет систему как некий справочник, дающий специалисту доступ к общей базе знаний, сформированной экспертами тематической области, что однозначно помогает в принятии сложных решений, но и этого порой недостаточно, поскольку порой может иметь значение и человеческий фактор [4].

В сфере здравоохранения правильность принятия решений зависит от множества факторов и данных, получаемых в ходе различных медицинских процедур и анализов, при чтении которых могут возникать неверные интерпретации и ошибки, исключить которые возможно добавлением обратной связи пользователя с системой и введением СУБД для хранения историй болезни пациентов. Фрагмент изменений схемы представлен на рисунке 5.

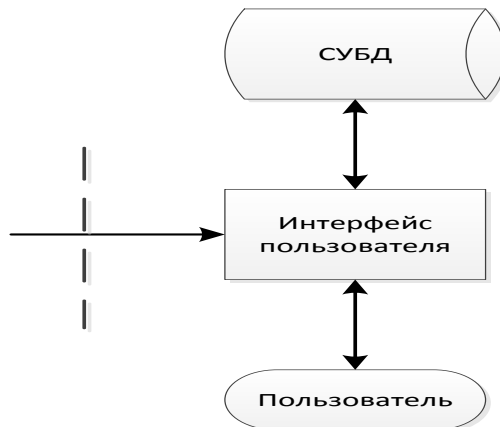


Рисунок 5 – Фрагмент интерактивной экспертной системы с обратной связью с пользователем

С одной стороны, введение возможности хранения историй болезни является лишь средством документооборота и дополнительным средством хранения данных. С другой – сохраняя и анализируя предыдущие результаты анализов, можно наблюдать динамику показателей, отобразив показатели на графике (рис. 6).

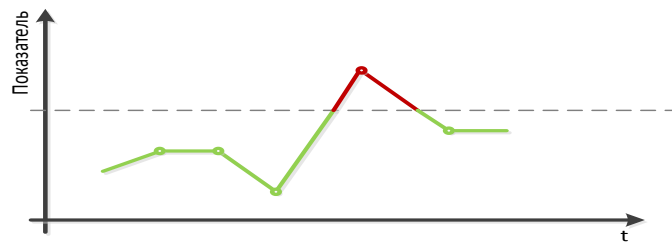


Рисунок 6 – график динамики показателей анализов пациента

Учитывая специфику применения, следует отменить необходимость использовать систему с максимальной портативностью, что решается применением планшетных и портативных компьютеров и клиент-серверной технологии. Схема системы изображена на рисунке 7.

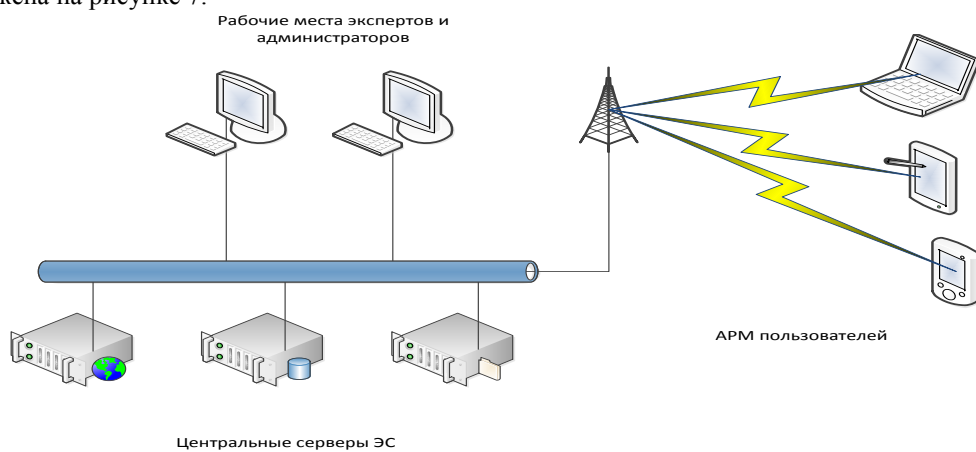


Рисунок 7 – Схема интерактивной ЭС

Центральные серверы интерактивной экспертной системы хранят справочно-информационные данные, пополняемые и редактируемые экспертами, а так же данные

историй болезней и анализов пациентов клиник и больниц. Пользователи системы с помощью рабочих портативных компьютеров с установленным клиентским программным обеспечением по защищенным каналам связи и беспроводные сети имеют доступ к серверам, получая возможность работы с требуемой информацией. В целях повышения эффективности общей работы системы предлагается использовать кластерную виртуализацию, что позволит сократить накладные расходы на эксплуатацию системы до минимума. На рисунке 8 представлена схема программно-аппаратная реализация серверной части системы.

В результате, информационная система позволит создать единую специализированную базу данных и осуществлять прогноз различных трендов в сфере медицины, а также даст возможность подключения и группирования вокруг единого информационного узла различно-направленных ИС не только поддержки, но и оптимизации работы по предоставлению услуг здравоохранения и, как следствие, повышение качества применяемых методов лечения различных заболеваний.

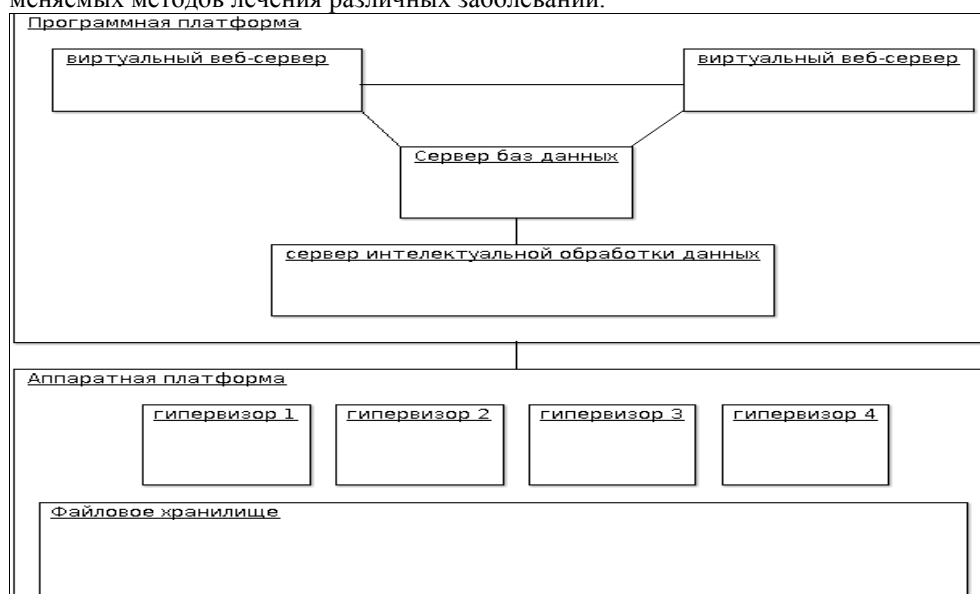


Рисунок 9 – UML программно аппаратная схема виртуализации

Таким образом, ввод в эксплуатацию подобной интерактивной экспертной системы позволит повысить уровень системы здравоохранения, предоставив возможность как врачам клиник, так и фельдшерам карет скорой помощи обеспечивать своевременную и корректную помощь больным и пострадавшим, а также заблаговременно анализировать и быть готовыми к решению сложных медицинских задач.

#### **Список литературы**

1. Понятие, особенности и примеры экспертных систем – YourLib.net. URL: <http://yourlib.net/content/view/12924/153/> (дата обращения 13.01.2014)
2. Джексон П. Введение в экспертные системы. – М.: Вильямс, 2001. – 624 с.
3. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. – М.: Вильямс, 2006. – 1152 с.
4. Таунсенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 320 с.
5. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. – М.: Мир, 1989. – 388 с.
6. Онлайн диагностика заболеваний по симптомам. – URL: <http://simptomus.ru/> (дата обращения 09.01.2014)
7. Обзор рынка комплексных медицинских информационных систем. – URL: [http://www.kmis.ru/site.nsf/pages/2009\\_obzor\\_kmis.htm](http://www.kmis.ru/site.nsf/pages/2009_obzor_kmis.htm) (дата обращения 16.12.2013)

8. Т.В. Истомина, В.А. Егоров «Перспективные направления развития IT-индустрии для анализа больших объёмов данных в системах исследования биоорганизмов» – *Инновационные технологии в экономике, информатике и медицине. VII Межрегиональная научно-практическая конференция студентов и аспирантов. Сборник статей. Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2011. – 266 с. – с. 20-21.*
9. Т.В. Истомина, В.А. Егоров, В.О. Дунин. Перспективы развития экспертных информационных систем для повышения уровня качества здравоохранения // *«XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Научное периодическое издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технолог. Акад., 2012 –220 с. – С. 92-96.*
10. В.О. Дунин, В.А. Егоров. Перспективы создания и развития информационной системы с элементами интеллектуального поиска, анализа и обработки биомедицинской информации // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 3 (23). – С. 162-168.*

#### УДК 57.02

#### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗДОРОВЬЯ

- © *Н.Ю. Келина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
- © *О.А. Куликова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
- © *С.Н. Чичкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
- © *Т.Ю. Мамелина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

#### CURRENT STATUS OF RESEARCH ASSESSING THE LEVEL OF HEALTH

- © *N.J. Kelina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *O.A. Kulikova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *S.N. Chichkin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *T.J. Mamelina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье рассматривается современное состояние изучения состояния здоровья населения при воздействии различных факторов эндогенной и экзогенной природы. Представлена современная характеристика методов анализа и исследования тяжести гипертонии и ее осложнений, которые основаны на оценке адаптации функциональных систем с использованием клинического и биохимического мониторинга и учета влияния экологических факторов.

**Ключевые слова:** клинко-биохимический мониторинг, гипертоническая болезнь, адаптации организма.

The article considers the current situation in the study of the level of health when exposed to a variety of factors endogenously and exogenous nature. Presents modern characteristics of the methods of analysis and study of the severity of hypertension and its complications, which are based on an assessment of adaptation of functional systems with the use of clinical and biochemical monitoring and accounting for the influence of environmental factors.

**Key words:** clinical and biochemical monitoring, hypertension, adaptation of the body.

Ускорение технического прогресса, увеличение степени загрязнения окружающей среды, значительный рост стрессогенности современного образа жизни увеличивает риск снижения здоровья, развития различных патологических состояний. Степень риска возникновения заболевания зависит от сопротивляемости организма болезнетворным влияниям, его устойчивости при воздействии разнообразных факторов экзогенной и эндогенной природы, от наличия функциональных резервов организма. Все

эти свойства определяют способность организма адаптироваться к изменениям условий окружающей среды [12, с. 281].

Цель работы: рассмотреть современное состояние изучения уровня здоровья при воздействии разнообразных факторов экзогенной и эндогенной природы.

Современное состояние оценки влияний факторов окружающей среды на здоровье населения можно рассматривать с точки зрения:

- прогнозирования как результата оценки адаптаций функциональных систем организма на основе клинико-биохимического мониторинга;
- сравнительного анализа некоторых методов моделирования состояния адаптационных характеристик на основе клинико-биохимического мониторинга;
- изучения факторов риска в оценке состояния здоровья больных у населения.

Вопросы охраны окружающей среды и ее контроля являются предметом официальной государственной политики. Вместе с тем ведущие ученые-специалисты смежных специальностей активно ведут разработку методов и критериев оценки влияния факторов окружающей среды на здоровье населения [7, с. 73–76].

Проблема анализа текущего уровня индивидуального здоровья и контроля за его состоянием приобретает все более важное значение для населения в целом, особенно для лиц, подверженных высоким нагрузкам, прежде всего психоэмоциональным, и факторам окружающей среды.

Современное состояние оценки влияний факторов окружающей среды на здоровье населения рассматривается как вопрос выявления клинико-биохимических особенностей состояния организма в норме и при патологических состояниях различного генеза [2, с. 127–133].

Для характеристики степени нарушений гомеостатических параметров и оценки тяжести состояния организма при патологии различного генеза применяют различные методы и подходы. Метод прогнозирования важен как результат оценки адаптаций функциональных систем организма на основе клинико-биохимического мониторинга.

Некоторые методы моделирования используются при сравнительном анализе состояния адаптационных характеристик на основе клинических и иммуно-биохимических данных.

Выделение отдельных, конкретных факторов среды и их комбинаций позволяет проводить выявление влияния тех факторов, которые вызывают те или иные заболевания [5, с. 8 – 10].

Вместе с тем, при нарушениях экологического фона в окружающей среде риску возникновения патологического состояния могут подвергаться все функциональные системы организма.

Изучению адаптационных возможностей организма и риску развития заболеваний посвящено большое количество публикаций. Авторами обсуждаются вопросы оценки влияния факторов риска окружающей среды, нарушенного метаболизма в организме и продуктов его обмена, нахождения методов оценки и разработки способов и методик клинико-лабораторного анализа, методологического подхода [11, с. 182].

В литературе вопросам развития заболеваний сердечно-сосудистой системы уделяется особое внимание [6; 11, с. 182].

Предложена концепция влияния роли факторов окружающей среды в развитии ишемической болезни сердца (ИБС) [3, с. 25–26].

Однако с экологической точки зрения исследования, установившие роль факторов риска в возникновении и развитии ИБС, нельзя считать завершенными до тех пор, пока не будут выработаны соответствующие ПДК [1, с. 40–42].

ПДК – это концентрация вещества или интенсивность его воздействия, при котором может наступить полная адаптация человека [5, с. 8–10]. Современная концепция ПДК учитывает реактивность организма и его способности адаптироваться к воздействию факторов окружающей среды.

Адаптации функциональных систем организма на основе клинико-биохимического мониторинга изучаются по многим направлениям оценки состояния организма.

Возникающие при этом изменения в организме (нарушение липидного обмена, артериальная гипертензия, морфофункциональные изменения в миокарде) рассматриваются клиницистами как непосредственные причинные факторы ИБС, в то время как воздействие факторов считается условием развития этого заболевания [13 с. 3 – 6].

Особый интерес представляют исследования, описывающие динамические наблюдения за лицами с разными факторами риска. Проведено исследование уровня фибриногена в крови у лиц с сердечно-сосудистой патологией, проживающих в экологически неблагоприятных условиях [4, с. 86–89].

В настоящее время при создании нормативно-методической базы оценки воздействия факторов риска для здоровья разрабатываются системы прогнозирования течения патологии.

Для развития болезни помимо наличия экологических факторов риска необходимо еще, по крайней мере, два условия: 1) наличие предрасположенности к болезни; 2) уменьшение защитных свойств и снижение адаптационных возможностей организма.

Гомеостатические свойства целостного организма являются результатом одновременного действия многочисленных сложно организованных регуляторных механизмов, среди которых одно из центральных мест занимает иммунная регуляция, обеспечивающая постоянно уровни вещества и энергии в организме, его органах и тканях [8, с. 128–132].

Эндогенные пептидные биорегуляторы и биогенные амины играют важную роль в механизме возникновения ряда заболеваний, связанных с изменением деятельности защитных функций иммунной системы. При патологии в сыворотке крови человека увеличивается уровень специфических е-Ат, что ведет к изменению их свойств. Эти молекулы способны связываться с биорегуляторами биологических жидкостей и участвовать в регуляции гомеостаза [10, с. 39–42].

На первом этапе реакции связывания с эндогенными биорегуляторами естественные антитела превращаются в высокоспецифичные молекулы, устраняя тем самым, их нежелательное, повреждающее действие. В связи с этим содержание е-Ат может отражать характер и тяжесть течения заболевания [10, с. 39–42].

Изучение роли естественных антител в течение биохимических процессов, происходящих в организме человека, позволило расширить спектр диагностических и прогностических иммуно-биохимических параметров. Особо актуальным явилось их применение в диагностике аллергических и кардиологических заболеваний [9, с. 39 – 44].

В практике многопрофильных лечебных учреждений нашли применение методы моделирования состояния адаптационных характеристик организма на основе клинико-биохимического мониторинга у больных кардиологического профиля.

Таким образом, современное изучение тяжести состояния базируется на оценке адаптаций функциональных систем с применением клинико-биохимического мониторинга, сравнительного анализа состояния адаптационных характеристик организма и учета влияния факторов окружающей среды.

#### **Список литературы**

1. Авалиани С.Л., Буштуева К.А., Безпалько Л.Е., Андрианова М.М., Бобкова Т.Е. и др. Разработка управленческих решений в целях обеспечения безопасности для здоровья населения в зоне влияния выбросов крупных промышленных комплексов // *Гигиена и санитария*. – 2006. – №1. – С. 40–42.
2. Аكوпова Ю.С. Реактивность иммунной системы в городского населения в условиях непрерывного воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды // *Вестн. Краснояр. гос. университета*. – 2006. – С. 127–133.
3. Бойцов С.А., Якушин С.С., Лиферов Р.А., Никулина Н.Н., Фурменко Г.И., Акинина С.А., Рябов А.А. Методологические основы российского многоцентрового эпидемиологического исследования острой ИБС (резонанс) // *Материалы III Национального конгресса терапевтов*. – М., Изд. «Бионика», 2008. – С.25–26.
4. Василенко И.Я., Василенко О.И. Медико – демографическая ситуация в стране // *Гигиена и санитария*. – 2006. – №5. – С. 86–89.



5. Воронич С.С., Тимощук С.П. Контроль загрязняющих веществ в воздухе // *Экология и промышленность России*. – 2008. – №7. – С. 8–10.
6. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и охраны окружающей среды Пензенской области в 2010 году». П., 2011. – 120 с.
7. Душкова Д.О. Медико-экологические аспекты устойчивого развития // *Вестник МАН: Материалы Международной конференции*. – 2009. – С. 73–76.
8. Келина Н.Ю., Мягкова М.А., Петроченко С.Н. Естественные антитела: норма и патология // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс // Научно – методический журнал*. – 2013. – №9 (13). – С.128–132.
9. Манжос М.В., Феденко Е.С., Мягкова М.А. и др. Влияние сублингвальной аллерген-специфической иммунотерапии на динамику иммунологических показателей у больных поллинозом // *Российский аллергологический журнал*. – 2009. – №1. – С.39–44.
10. Мягкова М.А., Дудко Т.Н., Панченко Л.Ф., Петроченко С.Н., Морозова В.С., Бондаренко С.Н. «Определение естественных антител к эндогенным биорегуляторам у больных игроманией методом иммуноферментного анализа» // *Наркология*. 2006. – № 12. С. 39 – 42.
11. Нилова О.В., Колбасников С.В. Структура сердечно – сосудистого риска у больных артериальной гипертензией трудоспособного возраста // *Материалы III Национального конгресса терапевтов*. – М., Изд. «Бионика», 2008. – С. 182.
12. Шутова И.А. Метод формирования групп риска развития ишемической болезни сердца // *Материалы III Национального конгресса терапевтов*. – М., Изд. «Бионика», 2008. – С. 281.
13. Юшков Б.Г. Система крови и адаптация организма к экстремальным воздействиям // *Вестник РАМН*. – 2006. – №3. – С. 3 – 6.

УДК 681.3; 615.4

**КЛИНИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАБИЛОГРАФА ДЛЯ ПОИСКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ КРИТЕРИЕВ АДЕКВАТНОСТИ АНЕСТЕЗИИ**

- © **А.И. Сафронов**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Т.В. Истомина**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **В.Г. Васильков**, Пензенский институт усовершенствования врачей МЗ РФ (г. Пенза, Россия)
- © **С.А. Карпицкая**, Пензенский институт усовершенствования врачей МЗ РФ (г. Пенза, Россия)

**CLINICAL APPLICATION of STABILOGRAFA to FIND ADDITIONAL CRITERIA of ADEQUACY of ANESTHESIA**

- © **A.I. Safronov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **T.V. Istomina**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **V.G. Vasilkov**, Penza Institute for advanced training of MINISTRY OF HEALTH of the RUSSIAN FEDERATION (Penza, Russia)
- © **S.A. Karpickaâ**, Penza Institute for advanced training of MINISTRY OF HEALTH of the RUSSIAN FEDERATION (Penza, Russia)

В статье представлены результаты исследования информативности стабิโลграфических критериев для оценки адекватности анестезии во время операций у больных травматологического профиля. Сделан вывод о том, что наибольшим изменениям подвергаются площадь статокинезиограммы и коэффициент Ромберга.

**Ключевые слова:** стабิโลграфия, адекватность анестезии.

The article presents results of research coverage criteria for assessing the adequacy of Stable-graphic anesthesia during operations in patients with trauma. Concluded that the biggest changes are statokineziogrammy square and Romberg.

**Key words:** stabilografiã, the adequacy of the anesthesia.

**E-mail:** komandor.penza@rambler.ru

Развитие хирургии, совершенствование технических приемов выполнения операций, увеличение их объема ставят перед анестезиологом задачу по поиску методик анестезии, обеспечивающих надежную защиту от операционной травмы.

Клиническая анестезиология в последние годы в качестве интегральной характеристики анестезии оперирует понятием «адекватность анестезии» вместо понятия «глубина анестезии». При этом адекватность анестезии понимается как состояние динамического равновесия, при котором воздействия на человека наносят минимальный вред организму [2]. Глубина анестезии зависит от двух противоположных факторов: эффектов анестетиков, обеспечивающих различные компоненты анестезии, и хирургической стимуляции с активацией симпатической нервной системы, повышением уровня сознания, вегетативных и соматических реакций [11].

Критерии адекватности анестезиологической защиты довольно неконкретны. Например, долгие годы о ней судили на основании гемодинамической стабильности, однако сегодня ориентация на это представляется уже недостаточной [4]. Варианты современной сбалансированной анестезии, как правило, не позволяют судить о глубине или уровне наркоза. При этом такие распространенные ориентиры как ширина зрачка, частота сердечных сокращений, частота и динамика потенциалов на ЭЭГ являются грубыми показателями адекватности анестезии.

Ценность лабораторных показателей, применяемых для оценки качества анестезии, очень низка в связи с отсроченностью получаемой информации. Наибольшие перспективы в данном направлении связывают с внедрением в практику нейрофизиологических методик [6]. Возможность оценки функционального состояния центральной нервной системы как основной точки приложения методов анестезии выглядит наиболее привлекательной. Тем не менее, следует констатировать, что, несмотря на определенный прогресс в этой области, однозначных и общепризнанных способов оценки адекватности анестезии до сих пор не существует. Например, использование электроэнцефалографии и основанных на ней других методик, так и не нашло широкого распространения из-за низкой специфичности, технической сложности и трудности интерпретации получаемых результатов [1, 7, 8].

Поиски критериев, которые позволят количественно оценить степень адекватности анестезии, весьма актуальны. В этом плане мы считаем перспективными исследования стабилиграфических критериев проведения анестезии, которым как отечественными, так и зарубежными исследователями уделяется незаслуженно малое внимание.

Стабилограф регистрирует траекторию центра давления (ЦД), оказываемого человеком на стабиллоплатформу. Чувствительность стабиллометрического метода и качество получаемой информации позволяют использовать этот метод для определения текущего функционального состояния пациента [9]. Этот метод широко используется в медицине для диагностики различных функций равновесия в норме и при различных заболеваниях [10, 12]. Установлено, что изменения состояния многих физиологических органов и систем, начиная с мышц и кончая корой головного мозга, находят отражение в изменении характеристик процесса поддержания позы [5].

Нами ранее проведено исследование: «Дистанционная реабилитация больных с постуральным дефицитом на основе мультимедийной системы ВебМультимедик» совместно с учеными Пензенского государственного технологического университета и Саратовского НИИ травматологии и ортопедии [3].

Таблица 1 – Динамика изменения основных параметров стандартной статокинезиограммы у больных до и после операции (артроскопическая менискэктомия коленного сустава)

Обозначение	Название	Б-ной П		Б-ной Р		Б-ной С	
		до	п/о	до	п/о	до	п/о
~X	Среднее положение ЦД по оси X	-0.07	25.8	-4.05	-30.4	0.78	24.3
		-3.66	19.2	-2.1	-26.3	-0.15	18.4
~Y	Среднее положение ЦД по оси Y	-16.6	-8.3	-11.3	-28	-17.5	-28.2
		-12.9	-6.57	-14.2	-19	-19.2	-25.4
SqD X	Отклонение ЦД относительно среднего положения по оси X	2.34	6.69	2.9	4	1.9	13.6
		1.49	2.84	5.22	5.29	1.72	6.78
SqD Y	Отклонение ЦД относительно среднего положения по оси Y	2	4.33	2.97	3.7	2	7.3
		2.5	3.45	6.18	5.88	3.41	10.7
F X	Основная частота колебаний ЦД по оси X	1	1.6	0.2	1.4	0.4	2.3
		0.2	0.2	0.6	0.7	0.8	0.7
F Y	Основная частота колебаний ЦД по оси Y	1	1.7	0.7	1	9.3	0.5
		0.9	1.1	0.4	0.6	1.8	0.9
L	Длина статокинезиограммы	89.3	179	170	182	79.7	538
		120	152	326	354	99.5	508
V	Средняя скорость смещения ЦД	8.48	17.3	16.3	17.6	7.64	51.6
		11.6	14.9	31.4	34	9.59	49.1
S	Площадь статокинезиограммы	35.2	225	116	179	58.3	1167
		46.5	119	641	424	99.6	895
QR	Коэффициент Ромберга	132	52.7	555	237	171	76.7

Указанная система позволяет контролировать состояние пациента по четырем направлениям: электроэнцефалография, электрокардиография, миография и стабилорафия. Нами сделана попытка оценить адекватность анестезии, проведенной у 15 больных, оперированных по поводу повреждений менисков коленного сустава (при артроскопических операциях), наряду с другими критериями.

При этом анализ динамики основных параметров статокинезиограммы у этой группы больных показывает, что проведенная анестезия приводит к разнонаправленным изменениям параметров, однако площадь статокинезиограммы и коэффициент Ромберга увеличиваются в разы. Для иллюстрации приводим результаты исследований трех больных, у которых проводили исследование на комплексе «ВебМультиМедик» в дооперационный период и через 1 сутки после операции (Таб. 1). У 12 остальных больных изменения параметров были аналогичными.

Клиническая интерпретация полученных результатов не позволяет сделать окончательный вывод вследствие малого числа наблюдений, тем не менее, перспектива продолжающегося исследования очевидна – стабилорафические данные могут послужить в качестве дополнительных критериев адекватности анестезии изучаемой группы больных.

#### **Список литературы**

1. *Еришов Е.Н. Место сочетанной анестезии в анестезиологическом обеспечении операций на органах брюшной полости. Автореф. дисс.канд.мед. наук. – Санкт-Петербург, 2011. – 25 с.*
2. *Женило В.М., Соколов О.Ю., Хоронько В.В., Женило М.В., Куделина О.М., Махарин О.А., Карнушина Н.В., Зооль Ахмед И.М. Современные методы фармакоэлектроэнцефалографии в оценке фармакодинамики средств для тотальной внутривенной анестезии // Биомедицина № 1, 2011, – С. 24-33.*
3. *Истомина Т.В., Филатов И.А., Сафронов А.И., Истомин В.В., Загребин Д.А., Минкин А.В.; Пучиньян Д.М., Кондрашкин А.В.; Карпицкая С.А., Миронов А.В. Современное оборудование для дистанционной мультидиагностики и реабилитации больных с постуральным дефицитом // «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во ПензГТУ, 2013. – №09(13). – Т.1. – С. 64-70.*

4. Кондратьев А.Н. Теоретические и методические аспекты анестезиологии // *Анестезиология и реаниматология*. 2005. – № 4. – С. 5-7.
5. Левик Ю.С. Стабилография в исследованиях управления позой // *Изв. ЮФУ. Технические науки*. – 2008. – №6. – С. 108–112.
6. Лихванцев В.В. Анестезия в малоинвазивной хирургии / В.В. Лихванцев М.: «МИЛКQШ», 2005. – 350 с.
7. Макаренко Е.П. Нейрофизиологическая оценка адекватности общей анестезии при выполнении травматичных вмешательств. Автореф канд.мед. наук. – Санкт-Петербург, 2005. – 24 с.
8. Семенов М.Е. Нейрофизиологическая оценка адекватности общей и сочетанной анестезии при абдоминальных оперативных вмешательствах. Автореф. дисс.канд.мед. наук. – Санкт-Петербург, 2008. – 18 с.
9. Скворцов Д.В. Диагностика двигательной патологии инструментальными методами: анализ походки, стабилметрия / Д.В. Скворцов. – М.: Т.М. Андреева, 2007. – 640 с.
10. Слива С.С., Кондратьев И.В., Слива А.С. Отечественная компьютерная стабиллография: состояние, проблемы и перспективы // *Изв. ЮФУ. Технические науки*. – 2008. – №6. – С. 98–101.
11. Grover V.K. Measuring depth of anesthesia – an overview on the currently available monitoring systems // *The Indian Anesthetists' Forum*. – 2008. – №2-1. – p. 33.
12. Oppenheim U., Kohen-Raz R., Alex D., Kohen-Raz A., Azarya M. Postural characteristics of diabetic neuropathy // *Diabetes Care*. – 1999. – Vol. 22, No 2. – P. 328-332.

#### **УДК 57.02**

#### **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОЛЕЗНИ КАК РЕЗУЛЬТАТА НАРУШЕНИЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА**

- © *Н.Ю. Келина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
- © *О.А. Куликова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
- © *С.Н. Петроченко, Институт физиологически активных веществ Российской академии наук (г. Москва, Россия)*
- © *М.А. Мягкова, Институт физиологически активных веществ Российской академии наук (г. Москва, Россия)*
- © *Т.Ю. Мамелина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

#### **MODERN STATE OF THE PROBLEM OF THE DEFINITION OF THE DISEASE AS A RESULT OF THE VIOLATIONS OF ADAPTATION**

- © *N.J. Kelina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *O.A. Kulikova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *S.N. Petrochenko, Institute of physiologically active compounds of Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)*
- © *M.A. Myagkova, Institute of physiologically active compounds of Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)*
- © *T.J. Mamelina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В данной работе решается задача определения текущего состояния заболевания в результате нарушения адаптации к эндогенным и экзогенным факторам. Анализ влияния внешних и внутренних факторов на живые системы, в частности, оценки и мониторинга физиологических, иммунологических и биохимических показателей позволит определить возможные методы диагностики и прогноза заболевания.

**Ключевые слова:** методы диагностики, иммунологические и биохимические показатели.

In this work the problem of determining the current status of the disease resulting from the violation of adaptation to endogenous and exogenous factors. Analysis of influence of external and internal factors on the live system, in particular, assessment and monitoring of physiological, immunological and biochemical parameters identify a possible methods of diagnostics and prognosis of the disease.

**Key words:** methods of diagnostics, immunological and biochemical parameters.

Особый интерес для биологии и медицины представляет исследование живых систем при воздействии экзогенных факторов, изучение которых является одной из актуальных клинических проблем. Многочисленные клинические наблюдения и экспериментальные данные анализа нарушений функциональных систем организма при гипертонической болезни и ее осложнениях позволили разработать и предложить методологические подходы к оценке адаптационных возможностей организма.

Цель работы: дать определение болезни как результата адаптационных нарушений для изучения приспособительных и гомеостатических механизмов функциональных систем организма.

Критерием оптимизации адаптации организма считается сохранение постоянства или минимального изменения жизненно важных параметров в ограниченном числе. Рассмотрение особенностей конкретных физиологических, иммунологических и биохимических систем организма позволяют предложить возможные способы оценки тяжести состояния и прогнозирование течения патологического процесса [8, с. 193–194].

Выделение внешних и внутренних факторов, приводящих живую систему в состояние болезни, позволяет описать и проанализировать функциональные (обратимые) и органические (необратимые) изменения [1, с. 361–362].

Болезнь это всегда результат нарушения нормальной регуляции функций со стороны регуляторных механизмов на клеточно-молекулярном, органно-системном или организменном уровнях.

На современном этапе изучения адаптационных механизмов при патологических состояниях рассматривают методы оценки адаптационных возможностей организма с точки зрения воздействия внешних или внутренних факторов.

В связи с этим основным требованием к проведению медико-биологических научных исследований являются [14, с. 268–269]:

- правильная организация (дизайн исследования) и математически обоснованный способ рандомизации;
- четко обозначенные и соблюденные критерии включения и исключения из исследования;
- корректное использование статистических методов обработки данных.

Этиологическими факторами развития тяжести состояния являются гипоксия, интоксикационные расстройства и иммунный конфликт. При этом создаются предпосылки для развития нарушений систем регуляции иммуно-биохимического метаболизма. Известно, что процессы адаптации требуют изменения уровня метаболических реакций. В частности, известно, что при развитии гипертонической болезни II-III степени происходит активация нейтрофильных лейкоцитов, макрофагов и других клеток, способных продуцировать аутоантитела и их синтез к нейромедиаторам [8, с. 193–194]. Выработка аутоантител к регуляторным пептидам – это сложная многокомпонентная система, которая является универсальной адаптивной системой организма: именно она препятствует проявлению повреждающего действия нейромедиаторов и их метаболитов, обеспечивая их связывание и модификацию, предупреждая их разрушительное воздействие на клетки организма и их мембраны.

Известно, что процесс образования аутоантител к нейромедиаторам и степень его регуляции в значительной мере определяет переход обратимых изменений в необратимые и адаптивных изменений в патологические. При этом каждому этапу синтеза антител соответствует свой механизм регуляции. Таким образом, сопряженность изменений процессов синтеза антител к нейромедиаторам может определить степень адаптации к воздействию факторов внешней и внутренней среды.

Поэтому опробованы методологические подходы к оценке адаптационных возможностей организма с точки зрения экологического ущерба (экологический ущерб — это вред, нанесенный окружающей среде, выраженный в натуральных единицах измерения. Например, количество загрязняющих веществ, попадающих в окружающую среду; количество безвозвратно используемых природных ресурсов и т. д.) должны базироваться на представлениях об общих механизмах адаптации (приспособления) живых систем к экстремальным условиям.

Исследование аутоантител к нейромедиаторам в сыворотке крови пациентов гипертонической болезнью важно для объективной оценки адаптивных сил организма.

Стандартизация оценки тяжести состояния больных необходима в прогнозировании течения патологии, для чего выявляют адаптационные возможности организма, основанные на анализе клинико-лабораторного контроля с точки зрения системного подхода. При лабораторном контроле используют необходимый набор лабораторных тестов отслеживания работы систем функционирования организма, основанных на полученных результатах лабораторного анализа [2, с. 17].

Вместе с тем, общие принципы оценки адаптационных возможностей организма основаны на требованиях к проведению медико-биологических исследований, обозначающих практику правильно организованного клинического исследования, основанного на подходах системного анализа. Оценка уровня функционирования системы кровообращения может быть проведена согласно критериям эффективности, которые делят на косвенные и прямые. К прямым критериям эффективности относят выздоровление, снижение летальности, осложнений, улучшение качества жизни. Косвенные критерии отражают положительное изменение каких-либо исследуемых показателей, например, нормализация артериального давления, снижение в крови уровня мочевины, креатинина ферментов и т.п. [3, с.17–19].

Стандартная оценка степени тяжести состояния больных необходима в прогнозировании течения заболевания у больных с кардиологической патологией, для чего используют необходимый набор лабораторных тестов и, соответственно, результатов исследований. Для диагностики и прогноза тяжести состояния у больных гипертонической болезнью важным является исследование систем естественной детоксикации организма, в частности, компонентов сыворотки крови, способных обезвредить продукты повышенного синтеза регуляторных пептидов – естественных антител к ним. Предполагается, что аутоантитела способствуют связыванию и удалению из организма продуктов клеточного метаболизма и способны осуществлять транспортные функции [9, с. 110–115].

Решение актуальной медико-социальной проблемы, связанной с оценкой иммунного статуса для формирования групп риска, диагностикой, лечением и профилактикой гипертонической болезни, связана с разработкой новых методов анализа иммуно-биохимических адаптаций функционирования систем кровообращения [13, с. 37–39].

Фундаментальные исследования на стыке иммунологии и медицины выявили, что при развитии патологии любого генеза происходит нарушение функционирования иммунной системы [13, с. 3–8]. Обнаружены новые диагностические маркеры, отражающие начальные стадии развития гипертонической болезни и формирования ее осложнений. Показана возможность использования новых методов иммуноферментного анализа для определения естественных антител к нейромедиаторам в практической медицине у данной категории больных. Таким методом может служить метод определения естественных антител в биологических жидкостях [12].

В клинической практике хорошо зарекомендовала себя диагностическая система «Адимустат» [11, 12].

Для оценки иммунного статуса результаты, полученные с использованием данного метода, позволяют:

- провести сверхраннюю диагностику патологических изменений в организме человека;

- провести раннюю диагностику уже имеющихся или только начинающихся заболеваний;
- дополнить полученные аналитические показатели клинико-биохимических параметров и уровня клеток иммунной системы, что позволит получить более полную информацию об иммунном статусе организма больного;
- оценить и откорректировать клинико-лабораторную диагностику пациента;
- предложить индивидуальную программу обследования больного.

Для выявления наиболее информативных качественных и количественных характеристик используются методы доказательных исследований. В биологии и медицине одним из основных методов доказательных исследований является математическое моделирование. Под математической моделью понимается связь между многочисленными переменными, выраженная на языке различных уравнений и их систем. При патологии сердечно-сосудистой системы математическое моделирование применяется для прогнозирования степени тяжести состояния развития возможных осложнений функциональных систем организма. Теоретически рассчитанная модель сопоставляется с результатами клинико-лабораторного мониторинга [6, с. 59 – 60].

Технология математического моделирования в медицине позволяет объективизировать выбор показателей оценки тяжести состояния и исхода лечения пациентов. Она включает в себя следующие этапы [6, с. 59 – 60]:

- разработка специализированной базы данных, необходимых для формирования и накопления сведений о пациентах для решения конкретной задачи;
- отбор и ранжирование информативных показателей;
- получение ряда математических уравнений, описывающих связь между параметрическим критерием состояния (исхода) и набором наиболее информационно значимых показателей;
- выбор оптимального уравнения и проверка его на независимой выборке;
- решение собственно исследовательской задачи путем сравнения расчетного (прогнозируемого) исходного заболевания (состояния) с реальным.
- оценка на этой основе эффективности лечебно-диагностической методики.

Особый интерес для биологии и медицины представляет моделирование состояния живых систем в экстремальных условиях, что позволяет более адекватно оценивать динамику тяжести состояния больного и прогнозировать исход заболевания в процессе клинико-лабораторного мониторинга [4].

В экологии и медицине под экстремальными условиями понимают воздействия внешних факторов, которые переводят живую систему в критическое состояние, изучение которого является одной из актуальных клинических проблем [5, с. 30–31].

Для выживания в критических состояниях живой системе необходимо адаптироваться, самоорганизоваться, мобилизоваться, что требует изменения уровня метаболических реакций организма. Поэтому математические модели должны базироваться на представлениях об общих механизмах адаптации (приспособления) живых систем к экстремальным условиям.

Критерием оптимизации организма считается сохранение постоянства (гомеостаза) или минимального изменения ограниченного числа жизненно важных параметров [10].

Вывод: рассмотрение особенностей конкретных физиологических, иммунологических и биохимических систем организма, а также вычисление внешних и внутренних факторов, приводящих живую систему в экстремальное состояние, позволит описать и проанализировать функциональные (обратимые) и органические (приобретенные) изменения живой системы и возможные способы их диагностики и прогнозирования.

#### **Список литературы**

1. *Акопова Ю.С. Особенности состояния иммунного статуса и метаболизма лимфоцитов крови в условиях хронической техногенной нагрузки // Медицинская иммунология. – 2006. – № 2-3. – С. 361–362.*

2. Бавыкин М.В., Бавыкина Е.Л., Хайрулина О.М. Амбулаторный этап лечения ИБС. Показатели качества жизни на данном этапе у больных стабильной стенокардией // *Материалы III Национального конгресса терапевтов.* – М., Изд. «Бионика», 2008. – С.17.
3. Беляева Н.Н. Цито – и гистологические критерии риска развития экологически обусловленной патологии // *Гигиена и санитария.* – 2006. – №5. – С. 17–19.
4. Будневский А.В., Провоторов В.М., Бурлова Е.С. Модель прогрессирования дисфункции миокарда у пожилых больных // *Материалы III Национального конгресса терапевтов.* – М., Изд. «Бионика», 2008. – С. 31.
5. Гапонов В.Л., Семакина М.А. Проверка адекватности модели рассеивания вредных веществ с отработавшими газами автотранспорта // *Экология и промышленность России.* – 2007. – №11. – С. 30 – 31.
6. Громов А.А., Кручинина М.В., Рабко А.В. Инновационные технологии в профилактике сердечно – сосудистых заболеваний // *Материалы III Национального конгресса терапевтов.* – М., Изд. «Бионика», 2008. – С.59 – 60.
7. Келина Н.Ю., Пикулин В.В., Мамелина Т.Ю., Куликова О.А. Методика оценивания состояния пациентов с кардиологической патологией на основе иммуно-биохимического анализа с учетом экологического фона региона // *Технология жилых систем,* – 2012. – №7. – С. 65–69.
8. Келина Н.Ю., Мамелина Т.Ю., Куликова О.А., Петроченко С.Н., Морозова В.С., Мягкова М.А. Определение естественных антител к эндогенным биорегуляторам в технологиях оценки риска у больных с кардиопатологией // *Нейронаука для медицины и психологии: VIII Международный Междисциплинарный конгресс.* – Судак. Изд-во «МАКС Пресс», 2012. С. 193–194.
9. Келина Н.Ю., Мамелина Т.Ю., Куликова О.А., Чичкин С.Н. Способы и методы лабораторного контроля сыворотки крови у пациентов с гипертонической болезнью // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс* // *Научно – методический журнал.* – 2013. – №9 (13). – С.110–115.
10. Козинец Г.И., Высоцкий В.В., Погорелов В.М., Оприщенко С.А., Захаров В.В. Кровь и лекарства. – М.: *Практическая медицина*, 2008, – 272 с.
11. Мягкова М.А., Дудко Т.Н., Панченко Л.Ф., Петроченко С.Н., Морозова В.С., Бондаренко С.Н. «Определение естественных антител к эндогенным биорегуляторам у больных игроманией методом иммуноферментного анализа» // *Наркология.* 2006. – № 12. С. 39–42.
12. Петроченко С.Н. Иммуноферментный анализ естественных антител к биогеинным аминам и опиоидным пептидам в сыворотке крови человека: Автореф. дис....канд. биол.наук. – Москва, 2009. – 24 с.
13. Пинигин М.А., Мольков Ю.Н., Бударина О.В., Баева И.В. Перспектива применения методов определения иммунного статуса у населения при массовых гигиенических исследованиях // *Вестник РАМН.* – 2006. – №5. – С. 37 – 39.
14. Титов В.Н. *Фундаментальная медицина. Единение физической химии, методических подходов общей биологии и медицины в выяснении этиологии и патогенеза заболеваний человека* // *Клиническая лабораторная диагностика.* – 2005. – №1. С. 3–8.
15. Чуришин А.Д. Клинико-функциональное состояние сердечно – сосудистой системы при стабильной ишемической болезни женщин // *Материалы III Национального конгресса терапевтов.* – М., Изд. «Бионика», 2008. – С.268 – 269.



УДК: 66.063.61:537.84

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ И СЛИЯНИЯ КАПЕЛЬ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

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

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

© *Э.Р. Эмурлаева, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*

## NUMERICAL SIMULATION OF FRACTURE AND MERGERS DROPS IN ELECTRIC FIELD

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

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

© *E.R. Emurlaeva, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Проведено численное моделирование в среде COMSOL Multiphysics процесса разрушения и слияния капель одной жидкости в другой под действием сил электрического поля. Результаты численного моделирования подтверждаются результатами собственных экспериментов и данными, приведенными в литературе, и согласуются с расчетами, полученными на основе теории малых деформаций слабопроводящих жидкостей, предложенной Тейлором.

**Ключевые слова:** электрогидродинамика, деформации, разрушение, слияние, капля, слабопроводящая жидкость, численное моделирование

Numerical modeling in COMSOL Multiphysics of process failure and merging of droplets of one liquid in another under the action of an electric field was made. Numerical simulation results are confirmed by the results of our experiments and the data given in the literature and are consistent with the calculations obtained on the basis of the theory of small deformations of weakly conducting liquids proposed by Taylor.

**Key words:** electrohydrodynamics, deformation, fracture, fusion, drop, weakly conducting fluid, numerical simulation

Добыча и переработка нефти и нефтепродуктов сопровождается процессами образования и разрушения водонефтяных эмульсий. В частности, в основе электрообессоливания нефти лежит смешение воды и нефти с последующим их расслоением. Аналитический расчет процессов разрушения и взаимодействия капель воды в нефти под воздействием электрического поля возможен только для ограниченного числа случаев. Поэтому численное моделирование процессов создания и разрушения эмульсий в электрических полях в случае корректно сформулированной задачи и достаточной мощности компьютера является перспективным направлением исследований.

Тэйлор [1] провел теоретический анализ деформации капли под действием внешнего электрического поля. Связь между деформацией капель  $D$  и напряженностью электрического поля  $Ca_E$  представлена им в виде:

$$D = \frac{9}{8} \frac{f_d(R, Q, \lambda)}{(2+R)^2} Ca_E, \quad (1)$$

где  $f_d$  представляет функцию

$$f_d(Q, R, \lambda) = R^2 + 1 - 2Q + \frac{3}{5}(R - Q) \frac{(2 + 3\lambda)}{(1 + \lambda)}, \quad (2)$$

Точность теории Тейлора для малых деформаций капель доказана работами ряда авторов [2]. Шервуд [3] на основе метода граничных интегралов предложил расчет уравнения Лапласа и уравнения Стокса, т.е. разделил задачу на две части: расчет напряженности электрического поля; расчет поля скоростей в жидкостях. Вначале им было рассчитано распределение напряженности электрического поля по поверхности капли, а после того как вычислен скачок напряженности электрического поля на по-

верхности раздела, определены напряжения и при учете межфазного натяжения определено поле скоростей движения жидкостей.

В работах [4, 5] проанализированы механизмы деформации и разрушения капли, изучено влияние относительной вязкости на стабильность капли и определены границы применимости предлагаемого метода граничных интегралов. Авторы [6,7] рассмотрели конечную деформацию проводящих (водных) капель, но пренебрегли эффектами вязкости, которые для эмульсий играют важную роль.

Модель слабопроводящей жидкости при рассмотрении задачи с двумя каплями была использована в работе [8]. Случай вязких взаимодействий между двумя каплями был исследован в [9]. Однако циркуляция внутри и вблизи капли, вызванная силами электрического поля, роль деформации поверхностей капель, расположенных в непосредственной близости, и влияние относительного движения капель в этом исследовании также не учитывались.

В работе [10] изучено движение двух капель в однородном электрическом поле с использованием модели слабопроводящей жидкости. Взаимное влияние турбулентности и электрического поля на поведение эмульсий было изучено в работах [11-14]. Показано, что турбулентность потока способствует сближению капель, в то время как электрическое поле разрушает адсорбционную пленку и увеличивает вероятность успешного слияния капель при контакте.

Ранее нами были доложены результаты исследований процессов разрушения и слияния капель в слабопроводящих жидкостях численными методами [15-17]. В данной работе приведена численная модель разрушения и слияния капель воды в касторовом масле с учетом в уравнениях Навье-Стокса дополнительно кулоновских и поляризационных сил, проведено сравнение полученных результатов с результатами других авторов с использованием безразмерных параметров.

Моделирование процессов выполнено на основании уравнений, описывающих течение несжимаемой жидкости между электродами для схем, изображенных на рисунке 1. Слабопроводящая жидкость с одной или двумя каплями воды движется между электродами. Верхняя и нижняя границы – это вход и выход слабопроводящей жидкости, а справа и слева – заряженный и заземленный электроды.

Система уравнений, решаемая при моделировании, содержит уравнение Навье-Стокса с дополнительной силой электрического поля и уравнение неразрывности потока

$$\begin{cases} \rho \frac{\partial u}{\partial t} + \rho(u \cdot \nabla)u = \nabla \cdot [-pI + \eta(\nabla u + (\nabla u)^T)] + F_{st} + \rho g + F_1 + F_2 \\ \nabla \cdot u = 0 \end{cases} \quad (3)$$

где  $u$  – скорость потока (м/с);  $\rho$  - плотность (кг/м<sup>3</sup>);  $\eta$  - динамическая вязкость (Па·с);  $p$  - давление (Па);  $g$  – ускорение свободного падения (м/с<sup>2</sup>);  $F_{st}$  - силы поверхностного натяжения (Н/м<sup>3</sup>);  $F_1$  и  $F_2$  - дополнительные поляризационная и кулоновская силы в объеме (Н/м<sup>3</sup>).

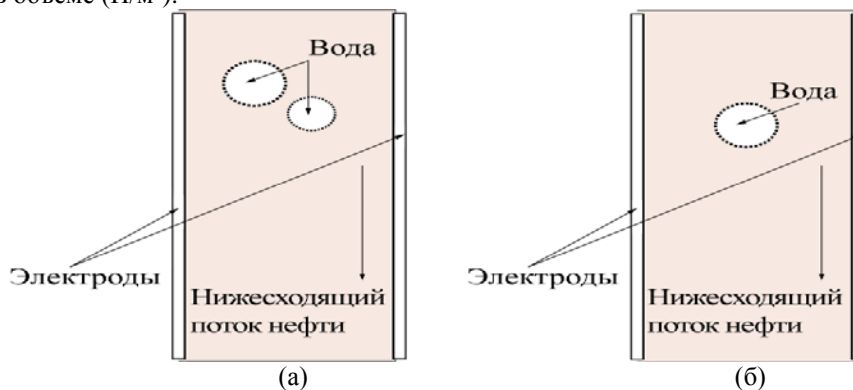


Рисунок 1 – Схемы модели: слияния (а) и разрушения (б) капель воды

Для отслеживания движения фаз на границе раздела жидкостей использована система уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial \phi}{\partial t} + u \cdot \nabla \phi = \nabla \cdot \frac{3\chi\sigma\varepsilon}{2\sqrt{2}} \nabla \psi \\ \psi = -\nabla \cdot \varepsilon^2 \nabla \phi + (\phi^2 - 1)\phi, \end{cases} \quad (4)$$

где  $\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения, Н/м;  $\varepsilon$  – числовой параметр, м, который определяет толщину границы раздела между жидкостями, то есть область, где фазовая переменная  $\phi$  изменяется от -1 (вода) до +1 (нефть);  $\chi$  – числовой параметр, характеризующий подвижность границы раздела.

Электрический потенциал  $V$  рассчитывали по уравнению

$$-\nabla \cdot (\varepsilon_0 \varepsilon_r \nabla V) = 0, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная вакуума;  $\varepsilon_r$  – относительная диэлектрическая проницаемость среды.

Электрическую поляризационную силу, входящую в уравнение Навье-Стокса, определяли дивергенцией тензора напряжений Максвелла

$$F_1 = \nabla \cdot T$$

Тензор напряжений Максвелла  $T$  определяли по формуле:

$$T = ED^T - \frac{1}{2}(E \cdot T)I$$

где  $E$  – напряженность электрического поля (В/м);  $D$  – электрическая индукция поля:

$$E = -\nabla \cdot V, \quad D = \varepsilon_0 \varepsilon_r E$$

В двумерных моделях, рассчитанных в ходе математического эксперимента, тензор Максвелл определялся в следующем виде:

$$T = \begin{bmatrix} T_{xx} & T_{xy} \\ T_{yx} & T_{yy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_0 \varepsilon_r E_x^2 - \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon_r (E_x^2 + E_y^2) & \varepsilon_0 \varepsilon_r E_x E_y \\ \varepsilon_0 \varepsilon_r E_y E_x & \varepsilon_0 \varepsilon_r E_y^2 - \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon_r (E_x^2 + E_y^2) \end{bmatrix}$$

Относительную диэлектрическую проницаемость определяли в зависимости от внутренних объемных долей каждой жидкости:

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{r1} Vf1 + \varepsilon_{r2} Vf2, \quad (6)$$

здесь  $\varepsilon_{r1}$  и  $\varepsilon_{r2}$  – относительные диэлектрические проницаемости нефти и воды соответственно;  $Vf1$  – объемная доля первой жидкости (вода);  $Vf2$  – объемная доля второй жидкости (нефть).

Электропроводность определяли в зависимости от внутренних объемных долей каждой жидкости:

$$\sigma_e = \sigma_{e1} Vf1 + \sigma_{e2} Vf2, \quad (7)$$

здесь  $\sigma_{e1}$  и  $\sigma_{e2}$  – электропроводность касторового масла и воды соответственно.

Результаты численного моделирования представлены как зависимость степени деформации  $D = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{d_{\max} + d_{\min}}$  ( $d_{\max}$  и  $d_{\min}$  – максимальный и минимальный диаметры деформированной капли) от электрического капиллярного числа или числа Вебера

$We = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon R_0 E_\infty^2}{\sigma}$ . Если  $D > 0$ , то капля вытягивается по полю (вытянутый сфероид), а

если  $D < 0$ , то капля сжимается по полю (сплюснутый сфероид)

Для проверки адекватности численной модели был проведен физический эксперимент, в котором было изучена деформация капли дистиллированной воды (вязкость  $1 \cdot 10^{-3}$  Па·с; диэлектрическая проводимость 80,08; удельная электропроводность  $1,5 \cdot 10^{-5}$ ) в касторовом масле (вязкость 1,252 Па·с; диэлектрическая проводимость 4,5; удельная электропроводность  $4 \cdot 10^{-11}$ ). Время релаксации воды составляло  $\tau_i = \frac{\varepsilon_i}{\sigma_i}$ , ка-

сторового масла  $\tau_e = \frac{\varepsilon_e}{\sigma_e}$ .

Из представленных на рисунке 2 результатов физических экспериментов для капель воды различных диаметров в касторовом масле, видно, что до относительной деформации  $D=0,07$ , результаты эксперимента совпадают с результатами, полученными аналитически на основе теории малых деформации слабопроводящих жидкостей, предложенной Тейлором.

Для больших деформаций наблюдается существенное отклонение от данных аналитического расчета.

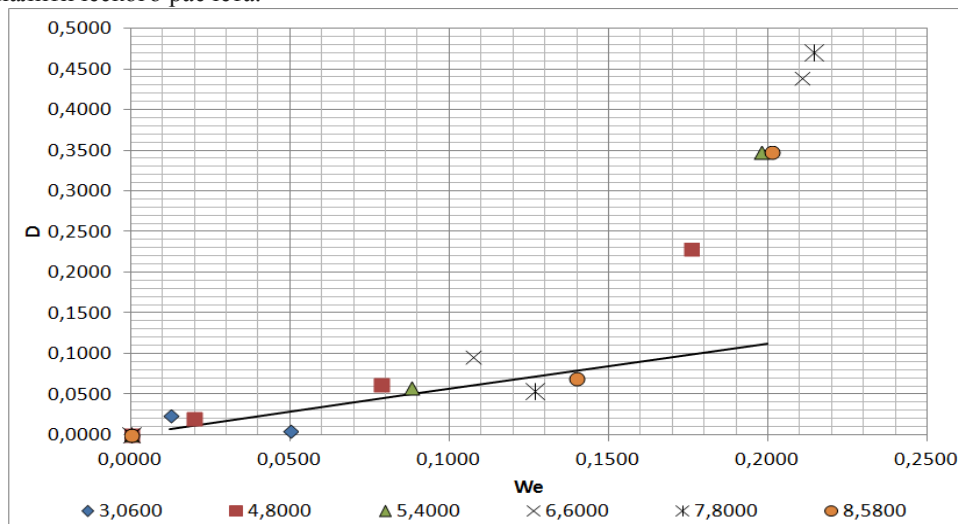


Рисунок 2 – Влияние числа Вебера  $We$  на степень деформации  $D$  капли воды в касторовом масле: сплошная линия – результаты аналитического расчета по теории малых деформации слабопроводящих жидкостей предложенной Тейлором; маркеры – результаты физического эксперимента для разных диаметров капли, мм.

Было проведено численное моделирование на основе выше предложенной модели для систем жидкостей, приведенных в работах [18, 19], параметры характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики систем жидкостей [18, 19] использованных в численных расчетах

Фаза	параметр	касторовое масло в силиконовом масле 5000	масло Юкон в силиконовом масле 5000	вода в касторовом масле	вода в масле Юкон	пример 1
капля	$\varepsilon_i$	6,30	5,33	80,08	80,08	80,0
среда	$\varepsilon_e$	2,77	2,77	6,3	5,33	4,0
	$Q$	<b>2,27</b>	<b>1,93</b>	<b>12,71</b>	<b>15,02</b>	<b>20,0</b>
капля	$\sigma_i$	$1 \cdot 10^{-11}$	$3,6 \cdot 10^{-11}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-11}$

среда	$\sigma_e$	$3 \cdot 10^{-13}$	$3 \cdot 10^{-13}$	$1 \cdot 10^{-11}$	$3,6 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-11}$
	<b>R</b>	<b>33,3</b>	<b>120,0</b>	<b><math>1,5 \cdot 10^6</math></b>	<b><math>1,5 \cdot 10^6</math></b>	<b>1,0</b>
капля	$\mu_i$	5,30	1,01	0,001	0,001	1,0
среда	$\mu_e$	5,33	5,33	5,30	1,00	1,0
	$\lambda$	<b>1,0</b>	<b>0,19</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,0010</b>	<b>1,0</b>
капля	$\rho_i$	980,0	1040,0	1000,0	1000,0	1000,0
среда	$\rho_e$	980,0	980,0	980,0	1040,0	1000,0
	$\gamma$	0,0055	0,0030	0,0130	0,0130	<b>0,0030</b>

Сравнение результатов численного расчета с аналитическими расчетами по теории малых деформации слабопроводящих жидкостей, предложенной Тейлором, показало хорошее совпадение результатов численного моделирования с аналитическим расчетом (рис. 3), не только для  $D > 0$ , когда капля вытягивается по полю в вытянутый сфероид, но и для  $D < 0$  (пример 1), когда капля сжимается по полю в сплюснутый сфероид.

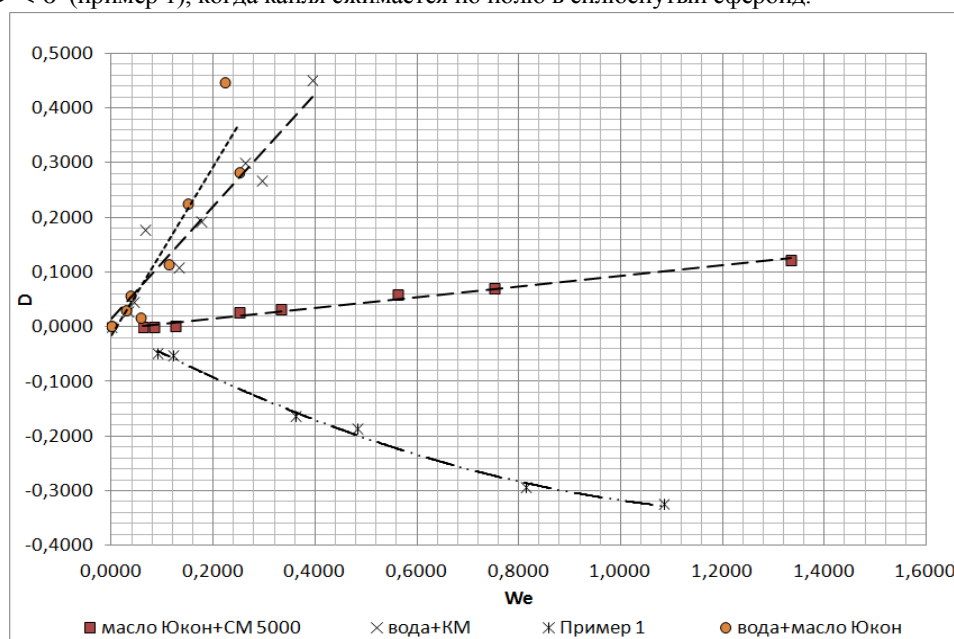


Рисунок 3 – Влияние числа Вебера  $We$  на степень деформации  $D$ : линии – результаты аналитического расчета по теории малых деформации слабопроводящих жидкостей, предложенной Тейлором. Маркеры – результаты численного эксперимента для разных пар жидкостей, характеристики которых приведены в таблице 1.

Это указывает на адекватность предложенной численной модели в широком диапазоне физико-химических свойств жидкостей и возможность применения данной модели для прогнозирования поведения различных жидкостей для малых деформаций как для  $D > 0$ , так и для  $D < 0$ .

#### Список литературы

1. G. Taylor, *Studies in electrohydrodynamics. I. The circulation produced in a drop by electrical field* // *Proc. R. Soc. London A* 291, 159 (1966).
2. J. Q. Feng and T. C. Scott *A computational analysis of electrohydrodynamics of a leaky dielectric drop in an electric field* // *J. Fluid Mech.* 311, 289 (1996).
3. J. D. Sherwood *Breakup of fluid droplets in electric and magnetic fields.* // *Journal of Fluid Mechanics*, 188, pp 133-146 (1988).
4. Etienne Lac and G. M. Homsy *Axisymmetric deformation and stability of a viscous drop in a steady electric field.* // *Journal of Fluid Mechanics*, 590, pp 239-264 (2007).

5. Ajayi, O. O. A note on Taylor's electrohydrodynamic theory // *Proc. R. Soc. Lond. A* 364, 499-507 (1978).
6. Brazier-Smith, P. R. Stability and shape of isolated and pairs of water drops in an electric field. // *Phys. Fluids* 14, 1-6 (1971).
7. Brazier-Smith, P. R., Jennings, S. G. & Latham, J. An investigation of the behaviour of drops and drop-pairs subjected to strong electrical forces. *Proc. R. Soc. Lond A* 325, 363-376 (1971).
8. Sozou, C. Electrohydrodynamics of a pair of liquid drops. // *J. Fluid Mech.* 91, 541-546 (1975).
9. Zhang, X., Basaran, O. A. & Wham, R. M. Theoretical prediction of electric field-enhanced coalescence of spherical drops. // *AIChE J.* 41, 1629-1639 (1995).
10. Baygents, J. C.; Rivette, N. J.; Stone, H. A. Electrohydrodynamic deformation and interaction of drop pairs // *J. Fluid Mech.*, vol. 368, pp. 359-375 (1998).
11. Atten, P. Electrocoalescence of water droplets in an insulating liquid. // *J. Electrostat.* 30, 259-270 (1993).
12. Urdahl, O., Wayth, N. J., FØrdedal, H., Williams, T. J., Bailey, A. G. Compact electrostatic coalescer technology. // In: *Encyclopedic Handbook of Emulsion Technology*. Marcel Dekker, New York, pp. 679-694 (2001).
13. Harpur, I. G., Wayth, N. J., Bailey, A. G., Williams, T. J., Urdahl, O., Destabilisation of water-in-oil emulsions under the influence of an A.C. electric field: Experimental assessment of performance. // *J. Electrostat.* 40 & 41, 135-140 (1997).
14. Friedemann, J. D., Nilsen, P. J., Sother, O., Sjoblom, J. An alternative method for establishing parameters for novel coalescer designs. // In: *4th International Symposium on the Chemistry and Physics of Petroleum-Water Emulsions II* (2001).
15. Tarantsev K. V., Korosteleva A. V. Laws Governing Electrohydrodynamic Dispersion of Water in Oil Products // *Chemical and Petroleum Engineering*. May 2013, Volume 49, Issue 1-2, pp 92-98
16. Tarantsev K.V., Krasnaya E.G., Chirkov V.A., Ashikhmin I.A. Breakdown of Water-Oil Emulsions in an Electric Field // *Chemical and Petroleum Engineering*. November 2013, Volume 49, Issue 7-8, pp 435-439
17. Tarantsev K. V. Modeling of the processes of coagulation and dispersion of water in low-conductive fluids in an electric field // *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, September 2013, Volume 49, Issue 5, pp 414-422
18. Rumscheidt, F. D., and Mason, S. G. Particle motions in sheared suspensions XII. Deformation and burst of fluid drops in shear and hyperbolic flow// *J. Colloid Interface Sci.* 16, 238-261 (1961)
19. Allan R. S., Mason S. G., Particle Behavior in Shear and electric Fields, I. Deformation and Burst of Fluid Drops // *Proc. Roy. Soc. Lond. A*, Vol. 267, p. 45-61 (1962)

УДК 51-74:621.317

**ОБЗОР МЕТОДОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИНТРОСКОПИИ,  
ПРИМЕНЯЕМЫХ В ГЕОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ**

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

**THE REVIEW OF METHODS OF THE ELECTRIC NONDESTRUCTIVE TESTING  
APPLIED IN GEOLOGY AND MEDICINE**

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

Охарактеризована область практического применения электрической интроскопии. Описаны основные разновидности электрической интроскопии, соответствующие им измерительные установки и методики проведения измерений. Проведён сравнительный анализ

алгоритмов реконструкции пространственного распределения электропроводности. Сформулированы особенности применения электрической интроскопии в медицине. Выявлены основные трудности, возникающие при реализации описанных методов.

**Ключевые слова:** электрический импеданс, электроразведка, томография, реконструкция, поляризация, эквипотенциальная поверхность.

The area of practical application of an electric nondestructive testing is characterized. The main kinds of an electric nondestructive testing corresponding to them measuring installations and techniques of carrying out measurements are described. The comparative analysis of algorithms of reconstruction of spatial distribution of conductivity is carried out. Features of application of an electric nondestructive testing in medicine are formulated. The main difficulties arising at realization of described methods are revealed.

**Key words:** electric impedance, electroinvestigation, tomography, reconstruction, polarization, equipotential surface.

**E-mail:** kireewska@mail.ru

Электрическая интроскопия представляет собой совокупность методов неразрушающего контроля, основанных на исследовании внутренней структуры электропроводящего объекта посредством пропускания через него внешнего электрического тока. Благодаря доступности измерительного оборудования, удобству и оперативности применения, эти методы представляют большой интерес для решения широкого круга практических задач.

Наиболее ранние работы по использованию электрического тока для исследования внутренней структуры электропроводящих объектов были проведены ещё в начале XX века применительно к задачам георазведки. В настоящее время в этой области достигнут достаточно высокий уровень развития и методы электроразведки получили очень широкое распространение, являясь одними из основных методов современной геофизики [1].

В зависимости от особенностей получаемой информации различают три разновидности электроразведки: вертикальное электроразведывание, при котором определяются свойства грунта, расположенного на вертикальной линии под заданной точкой поверхности; электропрофилирование, при котором определяются свойства грунта в пределах горизонтальной плоскости, расположенной на заданной глубине от поверхности и электротомографию, в которой определяются свойства грунта в пределах вертикальной плоскости, определяющей положение исследуемого геологического разреза.

В зависимости от измеряемых параметров различают электроразведку методом сопротивлений и электроразведку методом вызванной поляризации. Метод сопротивлений основан на измерении кажущихся удельных сопротивлений поверхностных слоёв грунта заданной толщины на участках, ограниченных по горизонтали эквипотенциальными поверхностями, проходящими через измерительные электроды [2]. Их величины определяются по формуле

$$\rho_K = k \frac{U}{I}, \quad (1)$$

где  $k$  – геометрический коэффициент установки, определяющий толщину исследуемого поверхностного слоя;  $U$  – падение напряжения на измерительных электродах;  $I$  – сила зондирующего тока. Измерения могут проводиться как на постоянном, так и на низкочастотном переменном токе.

Метод вызванной поляризации основан на измерении кажущихся поляризуемостей участков грунта [3], определяемых по следующей формуле

$$\eta_K = 1 - \frac{\rho_{K0}}{\rho_{K\infty}}, \quad (2)$$

где  $\rho_{K0}$  – кажущееся удельное сопротивление, наблюдаемое в момент включения постоянного тока или при измерениях на высокочастотных токах;  $\rho_{K\infty}$  – кажущееся удельное сопротивление, наблюдаемое после полного завершения процессов поляризации или при измерениях на низкочастотном и постоянном токе. Измерения

проводятся на импульсных токах ступенчатой формы, либо на двух синусоидальных токах высокой и низкой частоты.

Приближенные оценки кажущейся поляризуемости можно получить и на одном низкочастотном зондирующем токе, используя следующую эмпирическую зависимость, хорошо выполняющуюся для большинства пород

$$\eta_k (\%) \approx -2.5 \Delta \varphi (^\circ), \quad (3)$$

где фазовый сдвиг между зондирующим током и откликом напряжения.

Кроме кажущегося удельного сопротивления и кажущейся поляризуемости в электроразведке могут дополнительно определяться параметры, характеризующие динамические и нелинейные свойства вызванной поляризации. Первые из них позволяют получить информацию о текстуре исследуемого слоя грунта, а вторые – о его минеральном составе [3].

Необходимо отметить, что в методе вызванной поляризации регистрируются только медленные механизмы поляризации грунта, имеющие преимущественно электрохимическую природу. Характерное переходное время для них составляет около нескольких минут. Кроме этого в условиях проведения любых электроразведочных измерений также присутствует поляризация двойных электрических слоев, расположенных на внутренних неоднородностях, характерное переходное время которой составляет  $10^{-3} - 1$  с. Эта поляризация является основным источником информации о внутренней структуре исследуемого объекта. Достаточно ярко она проявляется только на низких частотах, не превышающих 1 кГц. Поэтому в электроразведке применяются только низкочастотные зондирующие токи.

В простейших измерительных установках для электроразведки используется 4 электрода, расположенные на одной линии, 2 из которых служат для подведения внешнего тока, а 2 других – для измерения потенциалов. Токотводящие электроды традиционно обозначаются буквами А и В, а измерительные – буквами М и N. Предложено множество таких установок, отличающихся друг от друга взаимным расположением электродов и соотношением расстояний между ними [2]. Среди них наиболее широкую известность получили симметричные градиентные установки Шлюмберже и дипольные осевые установки (рис. 1). Первые обеспечивают высокую контрастную чувствительность, а вторые – высокое пространственное разрешение. Дипольные установки удобны при измерениях на большой глубине, так как не требуют длинных проводов и менее подвержены влиянию помех.

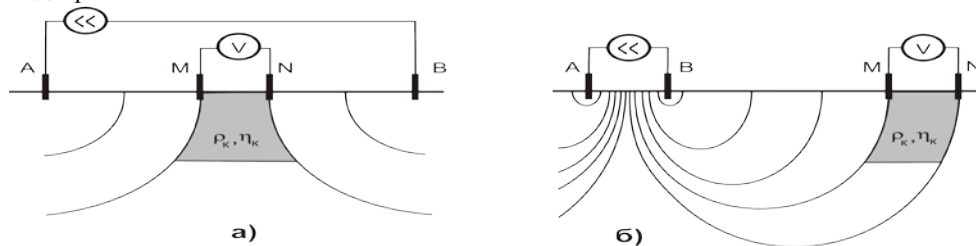


Рисунок 1 – Простейшие измерительные установки для электроразведки  
а) – симметричная градиентная установка Шлюмберже, б) – дипольная осевая

Геометрический коэффициент произвольной четырехэлектродной установки определяется в соответствии со следующей формулой [4]

$$k = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_{AM}} - \frac{1}{r_{BM}} - \frac{1}{r_{AN}} + \frac{1}{r_{BN}}}, \quad (4)$$

где  $r_{AM}$ ,  $r_{BM}$ ,  $r_{AN}$ ,  $r_{BN}$  – расстояния между электродами установки.

Для характеристики глубины проникновения тока в грунт используется специальный параметр – разнос установки. Для симметричных градиентных установок Шлюмберже он определяется как половина расстояния между токотводящими электродами АВ, а для



дипольных осевых установок – как расстояние между центрами возбуждающего и приёмного диполей.

Работа сложных многоэлектродных установок для электроразведки полностью аналогична работе простейших установок. Отличие состоит в том, что за счёт множества измерительных электродов они позволяют одновременно исследовать несколько участков поверхности, а благодаря многократному переключению мест подключения зондирующего тока – изменять разнос установки без необходимости перемещения электродов.

Идея вертикального электрического зондирования заключается в многократном измерении кажущихся параметров грунта над заданной точкой поверхности при изменении глубины проникновения зондирующего тока посредством изменения разноса установки. Изменение измеряемых при этом параметров свидетельствует о неоднородности исследуемого участка грунта.

В рамках горизонтально-слоистой модели, являющейся базовой моделью электроразведки, зависимость кажущегося удельного сопротивления от разноса установки описывается интегралом Ганкеля [2, 5]

$$\rho_K(r) = \rho_1 r^2 \int_0^{\infty} R_1(m) \cdot J_1(mr) \cdot m \, dm, \quad (5)$$

где  $J_1$  – функция Бесселя 1-го рода,  $R_1$  – трансформанта Ганкеля 1-го порядка,  $\rho_1$  – удельное сопротивление первого слоя,  $r$  – разнос установки.

Для трёхслойной модели трансформанта Ганкеля определяется как

$$R_1(m) = \operatorname{cth} \left\{ m \cdot h_1 + \operatorname{arcth} \left( \frac{\rho_2}{\rho_1} \right) \cdot \operatorname{cth} \left[ m \cdot h_2 + \operatorname{arcth} \left( \frac{\rho_3}{\rho_2} \right) \right] \right\}, \quad (6)$$

где  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  и  $h_1, h_2$  – удельные сопротивления и толщины слоёв [2, 5]. Аналогично определяются трансформанты для произвольного числа слоёв.

Уравнения (5) и (6) являются основой алгоритмов реконструкции распределения электропроводности по результатам вертикального электрического зондирования. Прямые методы интерпретации кривых  $\rho_K(r)$  основаны на вычислении трансформанты  $R_1$  с помощью обратного преобразования Ганкеля и последующем её анализе путём последовательного вычисления гиперболических котангенсов и выделения линейных трендов согласно (6).

Кроме этого для интерпретации данных электроразведки широкое распространение получили методы подбора, основанные на итеративном уточнении начального приближения распределения электропроводности  $\rho_{K0}$  в ходе минимизации невязки, вычисляемой по одной из формул [2]

$$\delta = \sum_{j=1}^N \left( \ln |\rho_{K0}| - \ln |\rho_K| \right)^2, \quad (7)$$

$$\delta = \sum_{j=1}^N \left( 1 - \frac{\rho_K}{\rho_{K0}} \right)^2, \quad (8)$$

где  $\rho_K$  и  $\rho_{K0}$  – эмпирическое и теоретическое кажущиеся сопротивления;  $N$  – используемое при зондировании число разносов токовых электродов.

В случае горизонтально неоднородной среды результаты одномерного электрического зондирования, в силу искажающего влияния соседних участков грунта, отличаются от реального вертикального распределения электропроводности. Поэтому геологические карты и изображения геологических разрезов, получаемые путём непосредственного объединения результатов вертикального электроразведки, проведённого в различных точках исследуемой поверхности, могут оказаться сильно искажёнными, а отображаемая на них информация носит лишь вероятностный характер.

Несколько улучшить результаты одномерной реконструкции удастся за счёт последующего применения к ним дополнительной статистической обработки. Однако существенного повышения качества интерпретации первичной измерительной информации удастся достичь только в рамках двух или трёхмерных моделей, при одновременном использовании для реконструкции данных сразу для множества точек исследуемой поверхности. Основные идеи метода двухмерной реконструкции были предложены ещё в 1995г. Локе и Баркером [6](деконволюция Локе – Баркера, или автоматическая 2D инверсия). В настоящее время они заложены в основу подавляющей части алгоритмов, применяемых для интерпретации данных в электротомографии [1].

Методы автоматической 2D инверсии также основаны на итеративном уточнении начального приближения распределения электропроводности, но в качестве модели среды в них используется прямоугольно-блочная модель с фиксированными границами блоков, в пределах каждого из которых параметры среды принимаются постоянными. Для вычисления теоретических значений кажущихся удельных сопротивлений используется метод конечных элементов или метод конечных разностей с начальными условиями для точечных источников внешнего тока. Вместо кажущихся сопротивлений для вычисления невязок могут использоваться соответствующие межэлектродные напряжения. В этом случае формула (7) принимает следующий вид

$$\delta_k = \sum_{j=1}^N \ln^2 |U_{k0} / U_k|, \quad (9)$$

где  $U_{k0}$  и  $U_k$  – теоретическое и эмпирическое падения напряжения на  $k$ -й паре измерительных электродов,  $N$  – число положений токовых электродов.

Для оптимизации параметров модели обычно используется квазиньютоновский метод [7], основанный на следующем матричном соотношении

$$(\mathbf{J}^T \mathbf{J} + u\mathbf{F})\mathbf{d} = \mathbf{J}^T \delta, \quad (10)$$

где  $\mathbf{J}$  – матрица Якоби, устанавливающая взаимосвязь отклонений параметров модели, заданных вектором  $\mathbf{d}$ , и невязок кажущихся сопротивлений, заданных вектором  $\delta$ ;  $\mathbf{F}$  – сглаживающая матрица;  $u$  – показатель затухания.

По сравнению с классическим методом Ньютона этот метод более чем в 10 раз проще в вычислительном отношении и требует меньше машинной памяти, однако для больших контрастов электропроводности, превышающих 1:10, он даёт значительно худшие результаты. Важным достоинством этого метода является возможность настройки показателя затухания и подбора оптимальной формы сглаживающей матрицы, что позволяет достичь оптимального соотношения устойчивости и пространственного разрешения.

По аналогии с методами 2D инверсии могут быть реализованы также и трёхмерные методы интерпретации данных электроразведки, позволяющие достичь наилучшего качества реконструкции распределения электрических параметров грунта. Однако в настоящее время они не получили широкого распространения из-за сложности работы с площадными многоэлектродными установками, слишком большой продолжительности измерений и чрезмерно высокой вычислительной сложностью алгоритмов 3D инверсии.

Другой важнейшей и, пожалуй, наиболее перспективной областью применения электрической интроскопии является медицина. В отличие от задач георазведки, применение электричества в медицинской диагностике связано с рядом специфических затруднений. Сравнительно малые размеры, сложная, часто меняющаяся во времени форма биообъекта сильно затрудняют точное позиционирование электродов на его поверхности. Высокая электропроводность биообъекта при наличии ограничений на предельно допустимый уровень зондирующего тока приводит к необходимости регистрации очень слабых откликов потенциала, которые весьма затруднительно выделить на фоне посторонних шумов и помех. Нестационарность биообъекта предъявляет повышенные требования к скорости сбора обработки и интерпретации первичной измерительной информации. В настоящее время в полной мере не удалось преодолеть не одно из указанных затруднений.

Специфика задач георазведки не позволяет расположить электроды с противоположных сторон от исследуемой области. Поэтому информация о внутренней структуре мо-

жет быть получена только в результате анализа вторичного поля, возникающего в результате эмиссии электрического заряда на неоднородностях среды. В случае медицинских приложений это ограничение отсутствует и появляется возможность реализации трансмиссионных методов, основанных на измерении импеданса вдоль прямых линий.

В методе планарной импедансометрии [8] (прямой аналог рентгенографии) прямолинейная форма исследуемых участков обеспечивалась за счёт применения защитных электродов, благодаря которым силовые линии под измерительным электродом в первом приближении можно было считать прямыми (рис. 2). В конструкции, применявшейся для измерений импедансной камеры, считывающий электрод состоял из множества самостоятельных измерительных электродов, которые при условии равенства их потенциалов, одновременно выполняли также и защитную функцию. Это давало возможность измерить импеданс сразу для нескольких участков исследуемого тела без изменения расположения электродов на его поверхности.

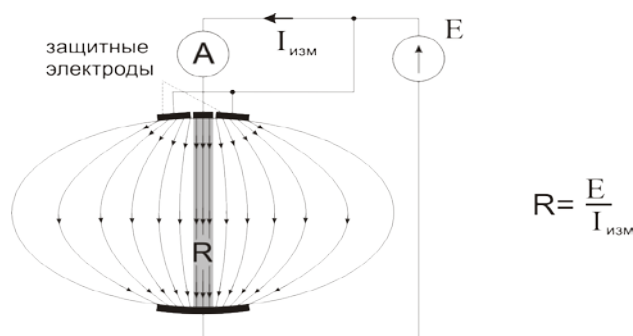


Рисунок 2 – Принцип измерения сопротивления тела вдоль прямых линий

В ходе практического применения планарной импедансометрии (при исследовании импеданса грудной клетки человека) было установлено, что метод даёт неудовлетворительные результаты. Получаемые с его помощью изображения были сильно искажены (по сравнению с результатами рентгенографии) и имели очень низкое пространственное разрешение.

Возможность измерения электрических сопротивлений вдоль прямых линий, представляющих собой не что иное как проекции пространственного распределения удельного сопротивления, потенциально позволяет использовать для реконструкции внутренней структуры математический аппарат, применяемый в рентгеновской томографии. На основании этих идей был предложен метод компьютерной импедансной томографии [9], однако попытки его практической реализации также не увенчались успехом.

Основная проблема, возникающая при реализации трансмиссионных методов электрической интроскопии, связана с поляризацией токоподводящих электродов, не позволяющей точно измерить сопротивления заключённых между ними участков тела. При использовании постоянного или низкочастотного зондирующего тока поляризационное сопротивление электродов может превышать сопротивление исследуемого объекта. Погрешность измерений при этом оказывается неприемлемо большой. С увеличением частоты зондирующего тока поляризация электродов заметно уменьшается, но полностью не исчезает. Учесть влияние поляризации на величину измеряемого сопротивления чрезвычайно сложно, так как кроме подводимого тока на неё влияет множество нестабильных внешних факторов, таких как состояние поверхности и сила прижатия электрода, а также химический состав контактирующей поверхности. Во многом из-за отсутствия приемлемого решения проблемы поляризации направление импедансной компьютерной томографии в настоящее время рассматривается как бесперспективное.

Другим направлением медицинской интроскопии, основанным на использовании электрического тока, является томография приложенных потенциалов [10], по сути, представляющая собой эмиссионный метод, имеющий много общего с электротомографией, применяемой в георазведке. Этот метод основан на измерении потенциалов, воз-

никающих на поверхности тела под действием внешнего тока. Изменение точек подключения внешнего тока позволяет измерить множество линейно независимых распределений потенциала, которые в дальнейшем и используются для реконструкции внутреннего распределения электропроводности. Потенциалы самих токоподводящих электродов при этом не учитываются, что позволяет практически полностью исключить влияние поляризации на результаты измерений.

Наибольшее распространение получили дипольный и полярный способы инжекции тока (рис. 3). Первый позволяет достичь максимального пространственного разрешения, так как позволяет получить больше линейно независимых измерений, а второй – обеспечивает лучшую чувствительность, благодаря более высокому соотношению сигнал/шум [11]. Эти способы аналогичны способам, применяемым в георазведке (см. рис. 1).

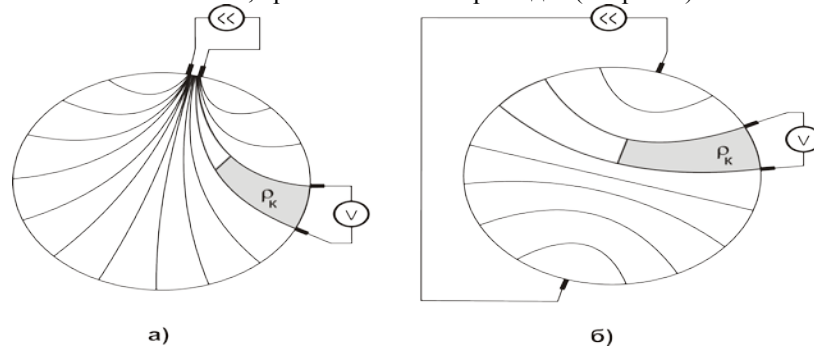


Рисунок 3 – Методики измерений в томографии приложенных потенциалов  
а) – дипольная инжекция тока, б) – полярная инжекция тока

В случае биообъекта из-за значительной кривизны исследуемой поверхности изменение положения токоподводящих электродов может приводить к существенному изменению формы эквипотенциальных поверхностей и, следовательно, к существенному изменению положения исследуемого участка тела, заключённого между измерительными электродами. Это используется при реконструкции внутреннего распределения электропроводности методом обратного проецирования на эквипотенциальные поверхности.

Согласно методу обратного проецирования для заданного положения токоподводящих электродов вычисляется теоретическое распределение потенциала, возникающее в теле при условии его однородности. Затем вычисляются отношения измеренных и теоретических разностей потенциалов на поверхности тела и проецируются в пространства, ограниченные соответствующими им соседними эквипотенциалами. Обратные проекции, полученные таким образом для разных положений токоподводящих электродов, складываются между собой, образуя импедансную томограмму [9].

Изображения, получаемые с помощью обратного проецирования, получают сильно смазанными, что свидетельствует о несовершенстве метода. Попытки их улучшения с помощью методов линейной фильтрации (по аналогии с рентгеновской томографией) не увенчались успехом, так как функция размытия точки импедансных изображений не обладала свойством пространственной инвариантности. Очевидным недостатком метода является и то, что обратное проецирование выполняется на теоретические эквипотенциальные поверхности, положение которых в неоднородной среде может существенно отличаться от положения реальных эквипотенциалей. Для устранения этого недостатка была разработана итеративная процедура, в которой найденное распределение электропроводности использовалось для уточнения распределения потенциала в теле, которое затем используется для построения новых обратных проекций. Однако её применение не позволяет существенно повысить качество реконструкции, так как процедура обратного проецирования не позволяет точно восстановить распределение электропроводности даже при точно известном распределении потенциала.

Анализируя алгоритм обратного проецирования можно заметить, что отношение измеряемых и теоретических разностей потенциалов представляет собой не что иное как

отношение кажущегося удельного сопротивления приповерхностного участка (рис. 3-а) к удельному сопротивлению однородной среды, принятому при расчёте распределения потенциала. Однако использование этой величины в качестве проекции не совсем корректно, так как кажущееся удельное сопротивление согласно формулам (5) и (6) в общем случае не равно среднему удельному сопротивлению и совпадает с ним только в случае однородной среды. В действительности кажущееся удельное сопротивление определено только в пределах приповерхностного участка, а не во всей области, в которую оно проецируется. Причём величина кажущегося сопротивления так же, как и в случае вертикального электрического зондирования, во многом зависит так же от свойств соседних участков тела. Всё это объясняет низкую эффективность метода обратного проецирования.

В настоящее время экспериментально достигнутая разрешающая способность томографии приложенных потенциалов составляет около 10% от диаметра исследуемого тела, что явно недостаточно для большинства медицинских приложений. Браун показал [12], что с помощью 128 электродной установки теоретически может быть достигнуто разрешения порядка 1,5% от диаметра исследуемого тела. Эти выводы были, очевидно, сделаны только на основании числа электродов и связанного с ним числа линейно независимых измерений. Однако с увеличением пространственного разрешения следует ожидать снижения точности позиционирования электродов и более яркого проявления несовершенства используемых алгоритмов реконструкции.

Оригинальное решение проблемы точного позиционирования электродов представлено в конструкции электрического маммографа [13], использующего для измерений систему жестко закреплённых электродов, образующих плоскую контактную поверхность. Кроме этого измерительная система содержит два дополнительных электрода, подключаемых к телу на большом расстоянии от электродной матрицы. Относительно одного из них измеряются потенциалы измерительных электродов матрицы, а другой служит для инъекции внешнего тока. Аналогичный принцип измерений уже давно используется в электропроводке, в так называемых двухэлектродных установках [2].

Электрический маммограф предназначен для исследования трёхмерного распределения электропроводности и применение планарной электродной системы в данном случае оказывается особенно эффективным. Для реконструкции распределения электропроводности был специально разработан метод взвешенных обратных проекций [14], в основу которого были заложены ещё более смелые предположения, в частности – о сферической форме эквипотенциальных поверхностей. Кроме того при его реализации требовалось экспериментальное определение весовых функций, одна из которых характеризует убывание чувствительности с глубиной, а вторая – увеличение вклада потенциалов наиболее близко расположенных участков поверхности.

Судя по литературным данным, предельная разрешающая способность 256 электродного маммографа с электродной матрицей диаметром 120мм вблизи поверхности составляет 3-5мм, т.е. сравнима с межэлектродным расстоянием. С увеличением расстояния от поверхности чувствительность и разрешающая способность уменьшаются и максимальная глубина, на которой всё ещё удаётся достоверно различить неоднородности внутренней структуры, составляет не более 30-40 мм. Эти данные убедительно свидетельствуют о несовершенстве применяемого алгоритма реконструкции.

Дальнейшим развитием метода взвешенных обратных проекций стало применение для реконструкции внутреннего распределения электропроводности искусственных нейронных сетей [14]. Однако этот подход в чистом виде вряд ли можно считать оправданным, так как его реализация требует сбора огромного объёма экспериментальных данных и связана с необходимостью выполнения чрезвычайно трудоёмкой процедуры обучения.

В последнее время всё больше внимания уделяется численным методам реконструкции распределения электропроводности биообъекта. Так в [15] весьма подробно описан подход к реконструкции, основанный на методе конечных элементов, а в [16] изложены основные идеи использования для реконструкции эквивалентных схем замещения биообъекта. Однако эти методы пока находятся на начальной стадии своего развития и многие вопросы, связанные с их практической реализацией, остаются открытыми.

**Список литературы**

1. Бобачев А.А., Горбунов А.А., Модин И.Н., Шевнин В.А. *Электротомография методом сопротивлений и вызванной поляризации. Приборы и системы разведочной геофизики.* 2006, N02, 14-17.
2. *Электроразведка методом сопротивлений / под ред. В.К. Хмелевского и В.А. Шевнина: Учебное пособие.* – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 160с.
3. Комаров В.А. *Электроразведка методом вызванной поляризации.* 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Недра, 1980. – 391с.
4. Доброхотова И. А., Новиков К.В. *Электроразведка. Учебное пособие для студентов заочного обучения.* Москва, 2009. – 54с.
5. *Электрическое зондирование геологической среды / под ред. В.К. Хмелевского и В.А. Шевнина, ч2.* –М., изд-во МГУ, 1992. – 200с.
6. Loke, M.H. and Barker, R.D. 1995. *Least-squares deconvolution of apparent resistivity pseudosections.* *Geophysics*, 60, 1682-1690.
7. Loke, M.H. and Barker, R.D. 1996. *Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method.* *Geophysical Prospecting*, 44, 131-152.
8. Henderson, R.P. and Webster, J.G. 1978. *An impedance camera for spatially*
9. *specific measurements of the thorax* *IEEE Trans. Biomed. Eng.* BMF-25 250-3.
10. Бамбер Дж., Тристам М., Лич М., Джонс К., Уэбб С, Хилл К., Бенгли Р. *Физика визуализации изображений в медицине: В 2-х томах. Т. 2: Пер. с англ./ Под ред. С. Уэбба.* - М.: Мир, 1991. - 408 с.
11. Barber D.C. and Brown V.H. 1984. *Applied potential tomography* *J. Phys. E: Sci. Instrum.* 17, 723-33.
12. *Способ получения томографического изображения тела и электроимпедансный томограф: патент РФ № 2127075/ Корженевский А.В., Культиасов Ю.С., Черепенин В.А.; заявл. 11.12.1996, опубли. 10.03.1999.*
13. Brown V.H., Barber D.C. and Seagar A.D., 1985. *Applied potential tomography possible clinical applications* *Clin. Phys. Physiol. Meas.* 6 (2) 109-21.
14. *Корженевский А.В., Черепенин В.А. Электрический маммограф: патент РФ № 2153285; заявл. 21.12.1998, опубли. 27.07.2000.*
15. *Корженевский А.В. Квазистатическая электромагнитная томография для медицины: Автореф. дисс. докт. физ-мат наук.* - Москва, 2009. – 32с.
16. Пеккер Я.С., Бразовский К.С. *Компьютерные технологии в медико-биологических исследованиях. Сигналы биологического происхождения и медицинские изображения. Учебное пособие.* – Томск: Изд-во ТПУ, 2002.
17. Кравчук А.С. *Основы компьютерной томографии. Пособие для студентов.* – М, 1999. – 140 с.

УДК 681.31-181.48

**ПРИНЦИПЫ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМЫ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНДИКАТОРОВ ЭКОДИНАМИКИ**

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

© **Д.И. Прошин**, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)

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

**PRINCIPLES IN THE FORMATION OF GENERALIZATION  
INFORMATION INDICATORS EKODINAMIKI**

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

© **D.I. Proshin**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

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

В статье проведён выбор и обоснование принципов экологической генерализации, разработаны метод, механизм и структура формирования информационных индикаторов экодинамики.

**Ключевые слова:** генерализация, индикатор экодинамики, качество, модель, система, методика, мониторинг, экология, экоинформатика, экологическая безопасность, экологическое состояние.

In the article the selection and justification of the principles of environmental generalization, developed a method of forming the structure and mechanism of information indicators of eco-dynamics.

**Key words:** generalization, an indicator of quality, monitoring, environment, evaluation sostoyaniyya, natural-technical system, forecasting, risk, goodness ekoinformatika, ecology, environment, environmental condition.

**E-mail:** proshin.Ivan@inbox.ru

В соответствии со структурой экологической генерализации в качестве основных принципов синтеза информационных индикаторов экодинамики и построения системы экологического мониторинга природно-технических систем (ПТС) примем принципы единства, целостности и совершенства (рис. 1). Основные отличительные признаки при оценке экологического состояния объектов – это как разнородность самих объектов и оцениваемых свойств, так и неоднородность самих оценок, различия областей их задания.



Рисунок 1 – Генерализация системы экологических показателей

Вместе с тем, как показал анализ, для множества различных объектов характерны одинаковые группы значений оценок показателей. И в этом состоит то общее свойство, которое принято в качестве объединяющего признака при построении индикаторов. В качестве возможной единицы анализа экологического состояния примем фоновые значения (ФЗ), предельно-допустимые концентрации (ПДК), разность между фоновыми значениями и ПДК. Хотя выбору единиц анализа и придаётся большое значение, отметим, что это всё-таки просто единицы измерения, - и в этом контексте предусмотрено их расширение. Поэтому система единиц анализа строится открытой. В качестве основного требования, которое должно при этом выполняться, в соответствии с выбранными принципами генерализации предлагается принять единство и целостность применяемых единиц анализа для различных объектов и компонент.

Основу построения индикаторов экодинамики составляют принципы и современные методы обработки информации [1 – 5], интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий, информационных технологий и методов исследования [6 – 10], обеспечивающих сжатие, комплексирование, интеграцию и однозначную интерпретацию исходных данных [11 –14].

С одной стороны, для большинства объектов выделены три разные группы показателей, с другой стороны, компоненты, входящие в один объект, имеют разнородные оценки, что обуславливает необходимость проведения элиминации отличительных признаков разнородных показателей. За основу формирования механизма системного экологического мониторинга и построения оценок показателей научных исследований экологических объектов предлагается принять процедуру элиминации исключительных (неповторимых) признаков, состоящую в преобразовании информации разнородных объектов и компонент в единую область пространства (рис. 2).

В качестве генеральной совокупности построения единой системы индикаторов экодинамики ПТС примем комплекс математических моделей, описывающих состояние разнородных экологических объектов и их неоднородных компонент в едином пространстве функционально связанным с исходными показателями различных групп.

Выбор и обоснование индикаторов экодинамики ПТС основан на анализе различных аспектов (экологического, технико-технологического, экономического) объекта в контексте генеральной совокупности и интеграции полученных таким образом показателей в единую систему индикаторов и индексов.

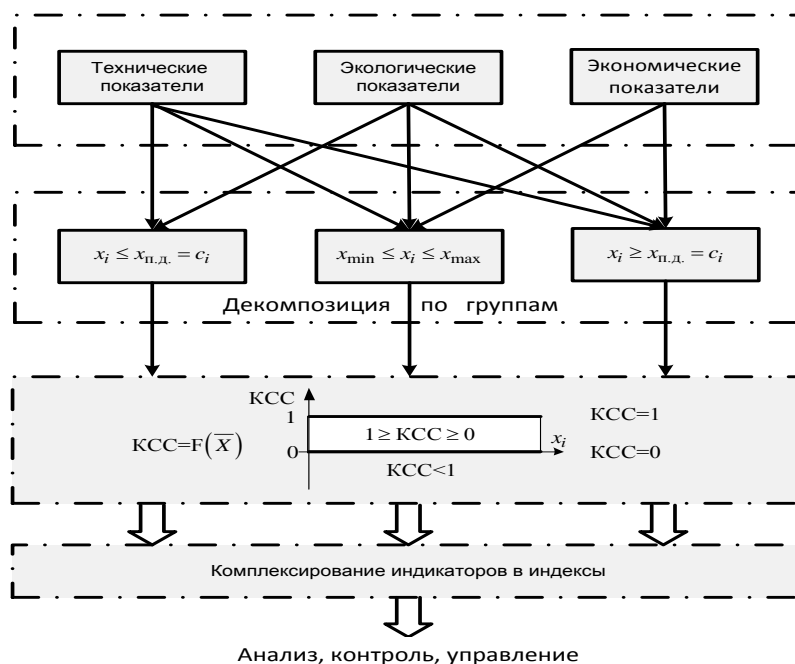


Рисунок 2 – Формирование эколого-техно-экологических индикаторов



Анализ используемых показателей для оценки состояния различных ПТС показывает, что они различны, а часто и противоположны, что не позволяет объединять их в единые комплексные показатели. Действительно, степень экологической безопасности оценивается по степени загрязнения, а не по степени чистоты объекта в частности для оценки атмосферы используется индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), который по значению противоположен степени экологического совершенства. Чем больше ИЗА, тем ниже экологическая безопасность экосистемы. Аналогично оценивается точность систем по ошибке. Чем меньше ошибка, тем выше точность. А экономическая эффективность оценивается по затратам и сроку окупаемости. Чем они меньше, тем система более экономически совершенна.

Вместе с тем, совершенство множества систем тем выше, чем выше их качественные характеристики. Так, энергетическое совершенство тем выше, чем выше коэффициент полезного действия, а экономическое совершенство системы тем выше, чем выше коэффициент использования ресурсов и выше предотвращённый экологический ущерб.

С целью интеграции разрозненных показателей технического и экономического характера в единые комплексы на основе генеральной совокупности экологических показателей, введём коэффициент степени совершенства (КСС). Предлагается с целью формирования индикаторов ПТС все контролируемые показатели, независимо от отражаемых ими свойств (экологических, технических, экономических), разделить по способу их задания на три группы. Значения показателей каждой группы подвергаются преобразованию в единую область значений, однозначно определяющую состояние исследуемого объекта относительно идеальной системы, для которой  $KCC=1$ , и отражающую степень совершенства исследуемого объекта.

Следующий этап преобразования информации – это её сжатие, интеграция, комплексирование. Решение экологических проблем основывается на использовании информации, относящейся к разным природным средам (атмосфера, водная среда, почва). Поэтому вся информация об окружающей среде (ОС) на основе КСС интегрируется в категорию, отражающую «качество среды». Информация о состоянии технологических процессов, продукции и отходах производства интегрируется в единый показатель, отражающий совершенство технологических процессов в контексте экологической безопасности объекта.

Разработанная система моделей (рис. 3) обеспечивает решение задач мониторинга, эколого-экономического анализа, контроля и управления ПТС в едином пространстве компонент вектора экологической безопасности.



Рисунок 3 – Система моделей оценивания экологического состояния ПТС (относительные величины)

Здесь для оценки степени экологической безопасности ПТС введены относительные безразмерные величины  $\eta_i$ , определяющие степень экологического запаса исследуемого объекта относительно предельнодопустимого значения  $x_{\text{п.д.}} = c_i$  (ФЗ, ПДК, ФЗ – ПДК, ...) по каждому  $i$ -му показателю. Параметры  $a_i, b_i, x_{0i}, d_i$  задают интервалы допустимых и предпочтительных значений показателей. На графиках показана область экологической безопасности (ОЭБ). Система обратных моделей приведена на рисунке 4.

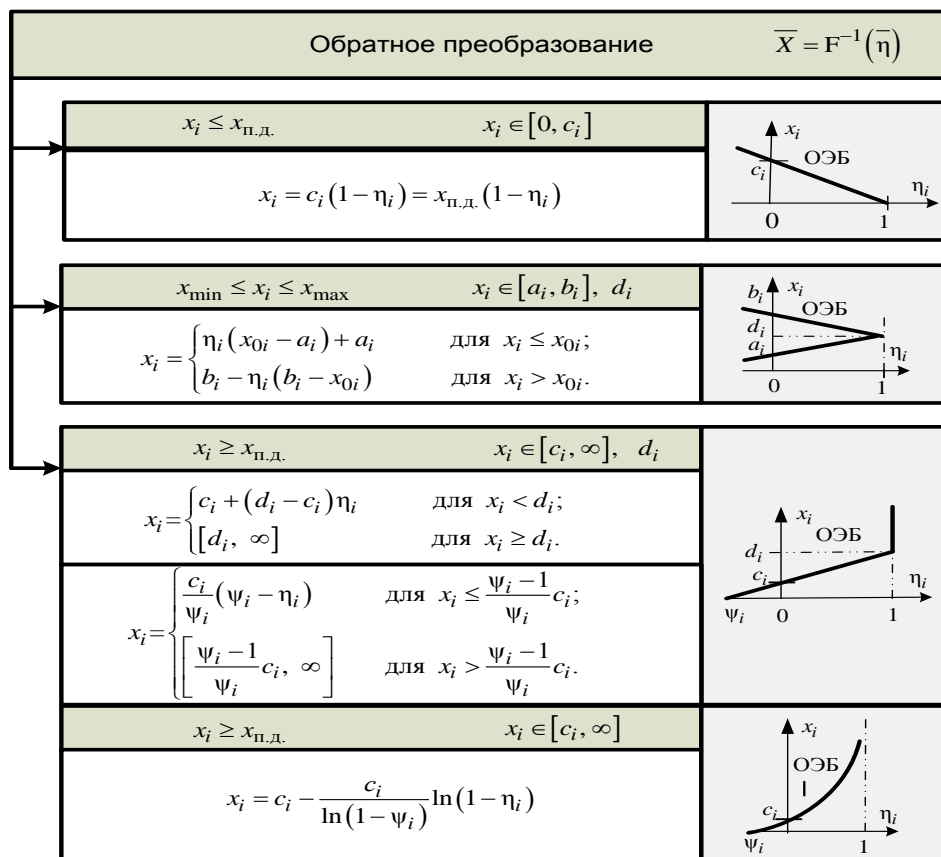


Рисунок 4 – Система обратных моделей оценивания экологического состояния ПТС

Последовательное применение прямого  $\eta_i = f(x_i)$  и обратного  $x_i = f^{-1}(\eta_i)$  преобразований к исходным показателям  $x_i$  приводит к самим исходным показателям, что свидетельствует об адекватности разработанной системы моделей.

В потоке информации об экологическом состоянии ПТС в соответствии с задачами и структурой экологического мониторинга выделим данные трёх видов: констатирующие данные – измеренные параметры производственного объекта и ОС, отражающие их экологическое состояние в текущий момент времени; оценочные интегральные показатели и индикаторы, характеризующие полученные оценки экологической обстановки; прогнозные, характеризующие динамический процесс изменения степени совершенства ОС и производственного объекта на определенный период времени.

С учётом вышеизложенного реализация систем мониторинга должна включать в свой состав модули, обеспечивающие наряду с формированием оценочных интегральных показателей и индикаторов, характеризующих полученные оценки

текущего экологического состояния ПТС, процедуры и комплексы программ, обеспечивающие прогноз процесса изменения степени совершенства окружающей среды и производственного объекта на определенный период времени. Основа анализа, исследования и разработки технологий и систем управления технологическими процессами переработки отходов производства во вторичные продукты – математические модели и построенные на их основе программные комплексы, обеспечивающие структурно-параметрический синтез математических моделей по результатам экспериментальных исследований и экологического мониторинга [1 – 10]. Разработанная методика построения компонентного портрета экологической безопасности [13] расширяет возможности исследования ПТС и позволяет проводить их анализ без трудоёмких расчётов в едином пространстве компонент вектора экологической безопасности для разнородных групп показателей.

#### **Список литературы**

1. Прошин И.А., Сюлин П.В., Таранцев К.В. Системная организация научных исследований экосистем // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2012. – № 02(06). – С. 166–170.
2. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Структурно-параметрический синтез математических моделей объектов исследования по экспериментальным данным // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: “Морская техника и технология”*. – 2009. – №1. – С. 110–115.
3. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Построение математических моделей в задачах обработки экспериментально-статистической информации // *Известия Самарского научного центра РАН. Авиационно-космическое машиностроение*. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2012 – Т.14 – №1(2) – С. 425-428.
4. Прошин И.А., Прошина Р.Д., Сюлин П.В. Методика структурно-параметрического синтеза математических моделей экосистем. // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2013. – № 09 (13). Т.1. – С. 47 – 57.
5. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Автоматизированная обработка информации в системах управления технологическими процессами: Монография. – Пенза: ПГТА, 2012. – 380 с.
6. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Концепция построения интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2009. – №5(2). – С. 527–530.
7. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Программная платформа для построения интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2009. – Т.11. – № 5-2. – С. 531-536.
8. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Интегрированный электромеханический комплекс // *В мире научных открытий*. – 2010. – № 4-8. – С. 27-30.
9. Прошин, Д.И. Подготовка высококвалифицированных кадров для предприятий машиностроения по вектору знаний // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2011. – Т. 13. № 1 – 3. – С. 727 – 731.
10. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д., Сюлин П.В. Управление образовательным процессом подготовки кадров для машиностроения по вектору знаний // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2012. – Т. 14. № 1(2). – С. 705 – 708.
11. Прошин И.А., Сюлин П.В. Оценка экологической безопасности многокомпонентных систем // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2013. – № 09 (13). Т.1. – С. 144 – 156.
12. Прошин И.А., Сюлин П.В. Оценка качества сточных вод в пространстве вектора экологической безопасности // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2013. – № 09 (13). Т.1. – С. 183 – 190.
13. Прошин И.А., Сюлин П.В. Компонентный портрет экологической безопасности // *Проблемы региональной экологии*. – 2013. – № 6. – С. 151–154.
14. Прошин И.А., Сюлин П.В. Методика научных исследований экосистем // *Экологические системы и приборы*. – 2013. – № 12. – С. 26–32.

УДК 004.054; 631.171

### УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МУЛЬТИДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПИЛОТА

- © *Т.В. Истомина, Московский авиационный институт научный исследовательский университет (Москва, Россия)*  
*Пензенский государственный технологический университет (Пенза, Россия)*
- © *Н.Н. Гусева, Московский авиационный институт научный исследовательский университет (Москва, Россия)*
- © *А.Д. Грибанов, Московский авиационный институт научный исследовательский университет (Москва, Россия)*
- © *В.С. Никитин, Московский авиационный институт научный исследовательский университет (Москва, Россия)*
- © *М.К. Козлов, Московский авиационный институт научный исследовательский университет (Москва, Россия)*

### INTEGRATED MULTIDIAGNOSTIC HEALTH-CARE SYSTEM FOR PILOTS

- © *T.V. Istomina, State University of Aerospace Technologies (Moscow, Russia)*
- © *N.N. Guseva, State University of Aerospace Technologies (Moscow, Russia)*
- © *A.D. Gribanov, State University of Aerospace Technologies (Moscow, Russia)*
- © *V.S. Nikitin, State University of Aerospace Technologies (Moscow, Russia)*
- © *M.K. Kozlov, State University of Aerospace Technologies (Moscow, Russia)*

Рассмотрены основные вопросы мультидиагностики состояния пилота на всех этапах его деятельности. Разработана структурная схема системы и описана ее работа.

**Ключевые слова:** мультидиагностическая система, пилот, состояние летчика, безопасность полетов.

Separate questions multidagnostiki condition of the pilot at all stages of its life. Describes a possible scheme of the system and its method of operation.

**Key words:** multidagnostic system, pilot, health-care system for pilot

**E-mail:** fishnatali@ya.ru

В последние годы статистика тяжелых авиационных происшествий упорно из года в год убеждает нас, что около 80% из них так или иначе связаны с так называемым "человеческим фактором". Проблема "человеческого фактора" с момента зарождения авиации всегда признавалась актуальной и ставилась во главу угла при решении вопросов надежности функционирования системы "человек – летательный аппарат" [1].

Около половины происшествий, непосредственно связанных с ошибочными действиями экипажа, необъяснимы с точки зрения необходимого логического поведения для обеспечения безопасности полета. Характерно, что в большинстве подобных случаев, не учитывалось физическое и эмоциональное состояние летчика [2]. Подобные статистические данные показывают, что необходима универсальная система мониторинга состояния пилота, позволяющая объединить все этапы его деятельности, начиная с предполетной подготовки и заканчивая послеполетной реабилитацией, учитывающая индивидуальные характеристики организма пилота, контролирующая его биологические параметры и в некоторых случаях управляющая ими непосредственно в полете, а также осуществляющая мониторинг результатов мультидиагностики и дающая качественный статистический прогноз времени восстановления пилота, прогноз профилактики развития профессиональных заболеваний.

В основе разрабатываемой мультидиагностической системы для мониторинга состояния летчика лежат исследования, наиболее корректно оценивающие не только его основные жизненно важные параметры, но и параметры, влияющие на эмоциональное состояние, позволяющее предупредить опасности, связанные с человеческим фактором, и проводить медицинское воздействие, сводя аварийные ситуации к минимуму.

Универсальная система для мультидиагностики состояния пилота состоит из следующих четырех блоков (рис.1).

1. Блок профессионального отбора и медицинского осмотра. На данном этапе кандидаты в пилоты будут исследоваться на соответствие критериям, допустимым для их специальности. В системе будет база данных с диапазонами для данной категории пациентов, включая все необходимые пробы и анализ времени работы летчика с такими показателями.

2. Блок предполетной диагностики. Он имеет важное значение, так как молодые пилоты, еще не до конца освоившие свою профессию, более подвержены стрессам, чем опытные летчики. Данный блок оценивает результаты на основе статистических данных, характерных для данной аудитории.

3. Блок мониторинга летчика во время полета. С точки зрения безопасности полета этот блок самый важный, т.к. помимо статистических данных имеет в себе блоки воздействия на пилота с рабочего места врача. Делает статистический анализ возникающих в полете проблем и прогнозирование сложившихся ситуаций с путем их решения.

4. Блок послеполетной реабилитации и анализа профессиональных заболеваний. Делает статистический анализ количества полетов для каждого пилота, их стажа, критических ситуаций, в которые они попадали, и подсчитывает анализ вероятности заболевания для каждого конкретного летчика, рассчитывает время реабилитации и профпригодности каждого из пилотов по полученным из всех предыдущих блоков данным [4].

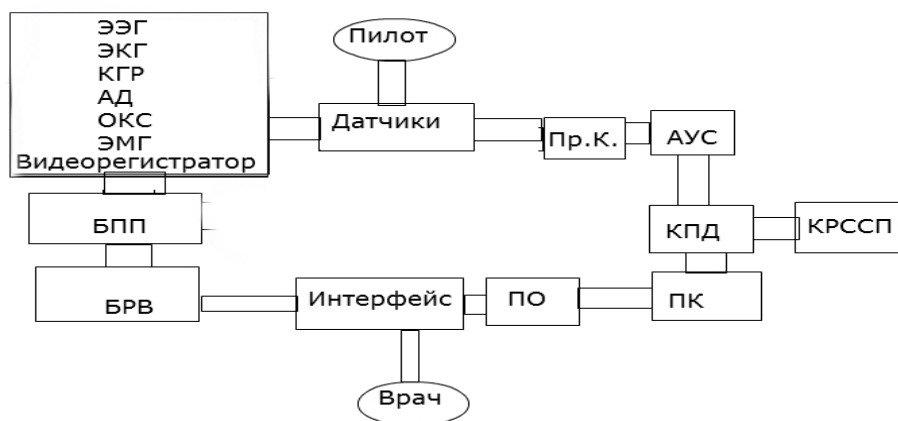


Рисунок 1 – Схема предлагаемой мультидиагностической системы.

Сокращения, применяемые в схеме: ЭЭГ – электроэнцефалограмма; ЭКГ – электрокардиограмма; КГР – кожно-гальваническая реакция; ЭМГ – электромиограмма; ОКС – оксиметр; АД – прибор мониторинга артериального давления; Пр.к. – приборный концентратор; АУС – автоматический усилитель сигнала; КПД – канал передачи данных; КРССП – канал радиосвязи служебного пользования; ПК – персональный компьютер; ПО – программное обеспечение, установленное на ПК; Интерфейс – непосредственная часть программы, в которой работает врач; БРВ – блок реагирования врача; БПП – блок помощи пилоту; Датчики – устройства, считывающие и передающие информацию

Рассмотрим принцип работы данной системы. Подготовительным этапом исследования является правильное закрепление датчиков на летчике.

Датчики ЭКГ закрепляются в области сердца. Это 3 электрода, которые крепятся согласно рисунку 2.

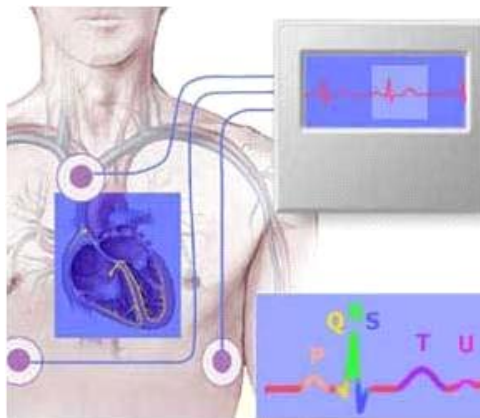


Рисунок 2 – Схема крепления электродов

Датчики ЭКГ снимают показания ЭКГ, но в критической ситуации (при остановке или нарушении ритма сердца) могут использоваться как активные элементы.

Датчики ЭЭГ используются для выявления острых недостаточностей, связанных с недостаточностями кровоснабжения головного мозга. Своевременная помощь при таких нарушениях существенна. Для снятия показаний ЭЭГ достаточно 2 лобных электродов и пары, расположенных на ухе или виске, которые с помощью микрозарядов стимулируют деятельность лобной доли головного мозга. Утверждают, что такая стимуляция повышает концентрацию и увеличивает скорость передачи нервных импульсов, а вместе с ней и реакцию, однако использовать это стоит только в случаях крайней необходимости, когда иных вариантов нет, т.к. долгосрочный эффект таких воздействий на мозг мало изучен [2].

Датчики ЭМГ располагаются в активных точках спины. Необходимы для контроля сознания летчика и мониторинга его двигательной активности. В случае потери сознания датчики ЭМГ подают импульс разряда тока в активные точки, приводя пилота в сознание.

Еще одним параметром, изменение которого хорошо заметно при переходе ко сну, является изменение (снижение) частоты дыхания, что в свою очередь приводит к сокращению частоты сердечных сокращений (соответственно снижается пульс и уменьшается содержание кислорода в крови). Именно на этой зависимости основан выбор пульс-оксиметрического метода.

Пульс-оксиметр является устройством для неинвазивного измерения насыщения крови кислородом и измерения пульса. Его применяют для контроля дыхания во время сна, предотвращения раннего смертельного синдрома, для контроля общей анестезии, а также спортсмены во время тренировок.

Для использования данной техники для контроля бодрствования предполагается проектирование системы, представленной на рисунке.

Оксиметр, который крепится на мочку уха пилота, состоит из двух каналов, каждый канал оснащен источником света и фотодиодом. Информационный преобразователь включает усилитель, который преобразовывает выход фотодиода в напряжение, фильтр и аналого-цифровой преобразователь для оцифровки полученного сигнала. Для управления работой системы используется микропроцессор.

Перед поездкой пилот надевает на руку часы, в браслет которых вмонтированы датчики, измеряющие электропроводность кожи и передающие полученные параметры в главный блок посредством радиосигнала. Это имеет большое значение при оценке эмоционального состояния, так как есть нарушение эмоционального состояния, при котором пилот под воздействием определенных факторов (например, страх смерти) перестает соблюдать инструкцию, что и приводит к аварии[3].

В нормальных условиях полета система мониторинга с помощью датчиков приборов, закрепленных по схеме монтажа каждого из них, передает данные о функционировании систем организма к приборному концентратору, передающему полученные сигналы в блок автоматического усилителя сигналов, которые по каналу передачи данных передаются в лечебно-профилактическое учреждение авиационного назначения, где находится ноутбук с программным обеспечением, предназначенным для анализа и расшифровки биосигналов, снятых с летчика.

В первую очередь идет фильтрация сигнала от помех и шумов, наведенных в процессе передачи. Для этого используется программный блок фильтрации сигнала. Далее идет разделение сигнала на требуемые области. Программа показывает нормальные значения, и если сигнал выходит за критические области, то подает сигнал пользователю.

Программа работает онлайн, данные обрабатываются с минимальным интервалом во времени.

Полученные данные записываются в базу данных, и с помощью них можно проводить статистику самочувствия летчика.

*Возможности системы в аварийных и критических ситуациях.*

Система ведет видеомониторинг для наиболее четкого видения ситуации. Эту опцию можно включать, когда возникает необходимость, т.к. она замедляет скорость передачи данных. Но когда врач видит, что какой-то из сигналов нарушен и есть вероятность, что изменение в данных вызвано не нарушением в работе какой-либо системы, а чем-то другим (отклеиванием электрода, например), камера в этом случае будет как ни зря кстати [5].

Второй такой ситуацией является явное нарушение в состоянии здоровья летчика, когда необходим осмотр, пусть даже удаленный.

Интерфейс – непосредственная часть программы, в которой работает врач, разделен на две части.

Первый блок имеет название диагностический и нацелен на полный контроль состояния пилота в любое время во время полета, но если врач одновременно следит за несколькими летчиками, подает сигнал, куда в данный момент следует обратить внимание. Уровень сигнала настраивается под пользователя. Есть возможность настроить несколько сигналов, как для резкого изменения какого-либо показателя (например, пульса, либо АД), так и сигналы, когда какой либо показатель резко отклоняется от нормы и нужна очень быстрая реакция.

Второй блок – блок реагирования врача, на нем расположены кнопки, которыми следует пользоваться только в экстренных случаях, когда это действительно необходимо.

Эти кнопки соединены с БПП – блоком помощи пилоту, находящимися на борту самолета по каналу связи. Управление БПП осуществляется врачом с помощью интерфейса системы.

БПП подразумевает собой средства помощи пилоту:

- набор лекарственных средств в перфузерах, установленных в накладках на поручнях кресла;

- электрическое воздействие определенной силы, передаваемое на датчики ЭМГ (при потере сознания, при засыпании), ЭКГ (при остановке сердца) и ЭГГ;

- подача кислорода при кислородном голодании;

- подача нашатыря при полубморочных состояниях и т. д.;

- подача критического сигнала, при этом важным является время реакции на стимул.

Прибор посылает запрос в виде загорающейся лампочки или звукового сигнала, на который пилот отвечает нажатием на специальную кнопку или педаль, или просто касаясь рукой каких-то частей кабины. Если состояние пилота критическое и помочь ему никак нельзя, то для истребителей (где пилот летит один и нет второго пилота) необходимо предусмотреть экстренную посадку самолета и связь с диспетчерской через БПП, и катапультирование пилота, если тот не в состоянии сделать при возгорании самолета это сам или включения автопилота, если он не включился автоматически.

В самолетах, где есть второй пилот, необходимо провести консультацию по приведению первого пилота в чувства по каналу связи служебного пользования и проследить за введением всех необходимых лекарственных средств через перфузер [1].

Поскольку работа с летчиками специфична и пролегает сразу в нескольких областях медицины, то работать с системой мониторинга могут только врачи специальности "Военная и авиационная медицина", либо бывшие летчики, получившие медицинское образование в области реаниматологии и экстренной медицины с наличием требуемых знаний в данной области, с высокой стрессоустойчивостью и способностью быстро решать поставленные задачи в условиях удаленного доступа [6].

Данная система мониторинга поможет предотвратить большое количество авиационных происшествий и помочь предотвратить серьезные катастрофы и, таким образом, решить проблему человеческого фактора в авиации и авиационной медицине, что улучшит отношение к надежности полетов среди населения, а также увеличит гарантии безопасности как для гражданских, так и для военных летчиков.

#### **Список литературы**

1. Гусева Н.Н. «Биотехническая система мониторинга состояния летчика во время полета в авиационной, военно-авиационной и транспортной медицине» *Современные биоинженерные и ядерно-физические технологии в медицине: сборник материалов Международной молодежной научной школы. 18 сентября 2012 г. – Саратов: ООО «Издательство Научная книга», 2012. – 247 с.*
2. Гусева Н.Н. «Комплекс (КДМЛ) для раннего выявления профессиональных болезней ЖКТ у космонавтов, а также мониторинг их возникновения, течения и лечения» *Материалы II Международной научно-практической конференции «Современные проблемы отечественной медико-биологической и фармацевтической промышленности. Развитие инновационного и кадрового потенциала Пензенской области»: электронное научн. издание. – ФГУП НТЦ «Информрегистр», Депозитарий электронных изданий. – 2012.*
3. Ключев А.В., Качалкин А.Н., Диденко Э.Б., Овчаров В.Е., Горбач Н.Г. *Психологические аспекты проблемы человеческого фактора в авиационной аварийности. Анализ и стратегия профилактики.*
4. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2007/kita/voznjuk/library/doklad.htm> (дата обращения: 04.12.2013)
5. Ю.И. Александров *Основы психофизиологии: Учебник/ Отв. ред. Ю.И. Александров. – М.: ИНФРА-М, 1997. – 349 с.*



УДК 681.31-181.48

**ПРИНЦИПЫ ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ В СИСТЕМНОМ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ**

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

**PRINCIPLES FOR GENERALIZATION IN SYSTEM  
ENVIRONMENTAL MONITORING**

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

В статье дано определение и обобщены принципы экологической генерализации, рассмотрена структура системного экологического мониторинга, введён показатель степени совершенства.

**Ключевые слова:** генерализация, индикатор качества, мониторинг, окружающая среда, оценка состояний, природно-техническая система, прогнозирование, риск, совершенство, экоинформатика, экология, экологическая безопасность, экологическое состояние.

In an article for the assessment of environmental excellence multicomponent systems, a system of quality indicators and the method of assessment of environmental excellence through the component objects portraits of ecological status. Studies are conducted in assessing the quality of the atmosphere of Penza.

**Key words:** an indicator of quality, component portrait, methods, monitoring, risk, ecology, environmental informatics, environmental safety, ecological condition.

**E-mail:** proshin.Ivan@inbox.ru

Развитие принципов и механизмов системного экологического мониторинга, создание систем контроля и управления состоянием природно-технических систем (ПТС) сопряжено с разработкой и внедрением эффективных информационных систем на базе современных интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий [1 – 5], информационных технологий и методов исследования [6 – 10], обеспечивающих сжатие, комплексирование и однозначную интерпретацию исходных данных на основе единого комплекса показателей, индикаторов и индексов экодинамики, отражающих в наиболее удобной и наглядной форме достоверную информацию о текущем состоянии экологической системы [11 – 14].

В системном экологическом мониторинге в качестве главных компонент выделим объекты производства (ОП) и окружающую среду (ОС) (рис. 1). Объекты экологического исследования ОС объединяют в качестве основных компонент атмосферу, воду, почву, ресурсы. Производственные объекты как элементы экологического мониторинга включают в себя технологические процессы, оборудование, выпускаемую продукцию, отходы и технологии переработки отходов. Основа экологического мониторинга – наблюдение, оценка и прогнозирование эколого-техно-экономических свойств отдельных частей и ПТС в целом на основе анализа состава, процесса, свойств и явлений (эффект), физической, химической и биотической составляющих ОС и ОП.

Получение достоверной информации и качество управления ПТС в полной мере определяется принимаемыми за основу принципами и методами обработки информации, используемыми моделями и принятой системой показателей, индикаторов и индексов экологического состояния окружающей среды и производственных объектов.

Принципы экологической безопасности и безотходной технологии касаются всех аспектов производства: организации технологических и производственных процессов, методического, информационно-программно-алгоритмического и технического обеспечения, организационно-экономических и экологических мероприятий и создания информационных систем мониторинга и контроля, автоматизированного управления.



Рисунок 1 – Структура системного экологического мониторинга

Обеспечение экологической безопасности и создание малоотходных производств возможно только на основе автоматизации технологических и производственных процессов, разработки и внедрения эффективных информационных технологий сжатия, комплексирования и интерпретации исходных данных, создания единой системы информационных показателей, индикаторов и индексов, отражающих в наиболее удобной и наглядной форме достоверную информацию о текущем состоянии экологической системы.

За основу организации информационной системы экологического мониторинга ПТС примем информационную пирамиду, представленную на рисунке 2, отличающуюся от известных, наличием в ней процедуры экологической генерализации. Механизм **экологической генерализации** представим как совокупность действий по выделению и формализации на основе общего принципа целостной генеральной совокупности признаков и единиц анализа экосистемы, отражающих в их сходстве и различии экологическое состояние объекта, элиминации исключительных (неповторимых) признаков с концентрацией в контексте генеральной совокупности в единое целое необходимой и достаточной информации эколого-технико-экономического характера.



Рисунок 2 – Информационная пирамида экологического мониторинга

Общий механизм формирования эколого-техничко-экономической информации включает в себя получение исходных данных о параметрах технологических процессов, составе, процессах, свойствах, явлениях с использованием стандартных методов. Полная информация об экологическом состоянии объекта содержит множество разрозненных физических, химических и биологических данных о состоянии ОС, о состоянии оборудования, выпускаемой продукции, отходах и технологиях их переработки.

На этапе первичной обработки исходных данных информация, получаемая известными методами, нормируется с использованием баз данных, содержащих множество нормативов, показателей, физических и химических параметров, математических моделей, алгоритмов и методов. Здесь важно провести фильтрацию, сглаживание и отбор данных с целью получения достоверных информации. Использование получаемой на этом этапе информации для принятия решений и управления практически неизбежно приводит к значительным ошибкам и малоэффективно, поскольку информация здесь содержится в значительных массивах разрозненных данных, мало структурирована, отсутствует целостное представление информации об экологическом состоянии ПТС.

Введённый уровень «экологическая генерализация» обеспечивает выбор системы показателей, индикаторов и объединение их в индексы на основе принятой системы методов и методик формирования экологической информации, удобной для восприятия, анализа и принятия эффективных решений. Здесь производится структурирование, сжатие, агрегирование и комплексирование информации, обеспечивающей оценку системы как единого эколого-техничко-экономического комплекса. Полученная в результате обработки информация обеспечивает оценку текущего состояния и прогнозирования будущего состояния ПТС, предотвращения экономических потерь, снижение риска аварий и предотвращение катастроф.

Процесс экологической генерализации представим совокупностью действий (рис. 3): выбор принципов экологической генерализации; выделение экологических признаков и свойств объекта, отличающих его от всех прочих объектов; выделение экологических признаков и свойств объекта, объединяющих его со всеми прочими объектами; выбор единицы анализа экологического состояния системы; элиминация исключительных (неповторимых) признаков; системный анализ и ранжирование экологических признаков, свойств и показателей, их интеграция в сходстве и различии в единую генеральную совокупность; выделение и оценка на основе генерализованной совокупности экологических признаков технико-технологических свойств ПТС и показателей объекта; концентрация на основе генеральной экологической совокупности в единую систему показателей технико-технологического и экономического характера; поддержание экологического контекста потока данных.



Рисунок 3 – Структура процесса экологической генерализации

Процесс экологической генерализации строится на единых принципах и направлен на определение системных свойств ПТС, необходимых и достаточных для комплексной оценки её экологического состояния и формирования на основе получаемой информации управляющих воздействий для повышения степени экологического совершенства ПТС.

В структуре информационной системы мониторинга с целью формирования достоверной информации о состоянии объекта определяется система индикаторов, которые отражают одновременно различные и общие сходные экологические свойства объекта. Исключительные (неповторимые) признаки и свойства объекта элиминируются. Такое рассмотрение и оценка проводятся с целью выбора системы и единицы анализа экосистемы, позволяющей сформировать целостную генеральную совокупность показателей.

Ключевым при выборе генеральной совокупности является выбор системы показателей, обеспечивающих возможность оценки как экологических и технических, так и экономических характеристик ПТС, обобщение и концентрацию их в единую систему. Причём единая система показателей отражает экологический контекст данных.

За основу в качестве определяющих прием следующую систему принципов экологической генерализации (рис. 4): принцип системности и стратегической направленности мониторинга, контроля и управления; принцип экологического совершенства; принцип единства показателей, оценок, нормативов; принцип экологической безопасности; принцип существенности, стратификации по уровню отклонений; принцип простоты и экономичности; принцип плановости; принцип развития; принцип интеграции и комплексирования; принцип открытости.

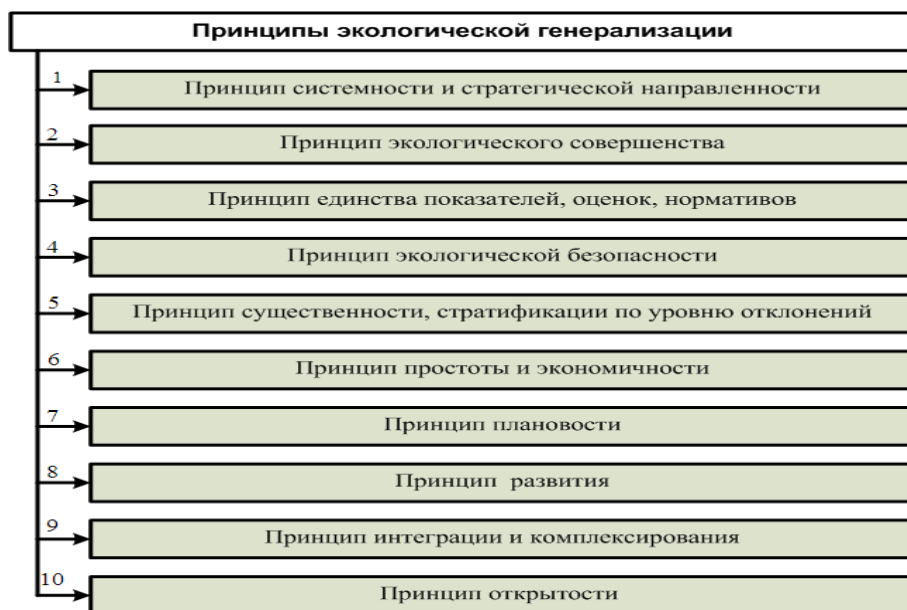


Рисунок 4 – Принципы экологической генерализации

**Принцип системности и стратегической направленности** – важнейший системообразующий принцип экологической генерализации, позволяющий выделить из всего многообразия свойств и явлений сложной экосистемы ключевые, определяющие компоненты, избежать бесконечного контроля за несущественными элементами, не определяющими экологическое состояние системы, и, вместе с тем, сконцентрироваться на решении главных вопросов повышения экологической безопасности системы.

При осуществлении мониторинга это означает прежде всего выбор такой системы показателей, индикаторов, индексов, которые бы в концентрированной и одновременно наглядной форме отражали важнейшие свойства ПТС, позволяли оценить эколого-техничко-экономические свойства множества разнородных объектов в контексте экологической генерализации потока данных как единого целого – системы.

Обеспечение экологически безопасного управления на предприятии обуславливает необходимость мониторинга как окружающей среды, так и, прежде всего, мониторинга технологических процессов и состояния многообразного оборудования. Важной составляющей экологического мониторинга является образующиеся в результате функционирования производственных объектов загрязняющие вещества и технологии их переработки. Неотъемлемая часть экологического мониторинга ПТС – оценка экологичности выпускаемой продукции, т.е. учёт степени воздействия на человека и окружающую среду продукции предприятий при их использовании по прямому функциональному назначению, включая её утилизацию и дальнейшую переработку.

В соответствии с принципом экологической генерализации – **единства показателей, оценок, нормативов** – в работе решается задача разработки единой системы показателей, позволяющих оценивать всё множество свойств, состава, явлений, процессов для множества разнородных объектов, что обуславливает необходимость выбора такой системы индикаторов, которая бы позволяла проводить исследования и анализ многообразных объектов с отражением их сходства и различий. Предлагается для всех оценок показателей совершенства (экологических, технических, экономических, социальных и т.д.) выбрать единое пространство значений, в котором идеальная система, имеющая максимальный уровень совершенства, задаётся значением, равным единице. Предельнодопустимое значение показателя системы соответствует нулевому уровню. Значения показателей, превышающие предельнодопустимые величины, занимают отрицательную область значений показателя совершенства.

Анализ различных объектов показывает, что предельнодопустимые величины для практически всех показателей задаются тремя способами: максимально возможным, минимально возможным и интервалом возможных значений. Это обуславливает различие областей значений разнородных показателей. Предлагаемые в работе принципы и подходы объединяют эти противоречивые требования и оценки в единую область значений, что обеспечивает возможность агрегирования и комплексирования всех оценок в единое целое и формирования на их основе индикаторов и индексов экологического состояния ПТС.

В соответствии с **принципом экологического совершенства** предлагается система показателей, не отражающих экологическое загрязнение, а отображающих степень совершенства объекта: экологического, технического, экономического. Это позволяет обеспечить анализ объектов в их сходстве и различии на базе единой методологии формирования показателей экологического совершенства.

Применительно к оценке степени экологического совершенства ключевым является оценка экологической безопасности. Поэтому в качестве индикатора, отражающего **принцип экологической безопасности**, предлагается коэффициент экологической безопасности (КЭБ), формируемый, с одной стороны, как составная часть общей комплексной эколого-техничко-экономической оценки, а с другой стороны, как система, оценивающая экологическое состояние объекта по множеству разнородных компонент. В качестве универсальной оценки системы введём коэффициент степени совершенства (КСС). Коэффициент степени совершенства максимален и равен единице для идеальных систем (экологически, технически, экономически, социально и т.д.) (рис. 5). Системы, имеющие показатели  $X$ , равные предельнодопустимым величинам, определим нулевым значением КСС. Для систем, степень совершенства которых недостаточна для их эффективного применения и определяемых как системы, не удовлетворяющие требованиям, КСС отрицателен.

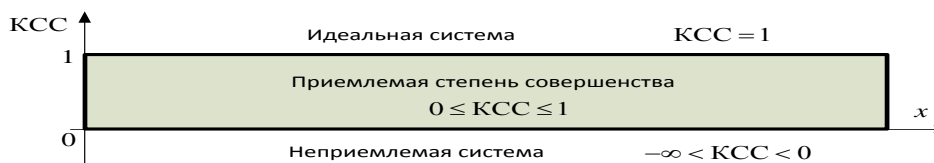


Рисунок 5 – Область значений коэффициента степени совершенства

Системы, имеющие значения показателей в пределах нормальных отклонений, зададим областью значений КСС, принадлежащих интервалу  $[0, 1]$ .

В соответствии с **принципом существенности, стратификации по уровню отклонений** из всего множества оцениваемых компонент выделяем те, у которых отсутствует запас по экологической безопасности, или у которых запас по экологической безопасности минимален.

**Принцип простоты и экономичности** обуславливает наряду с минимизацией и ограничением количества показателей их простоту и несложную физическую интерпретацию, простое физическое понимание и однозначное толкование. Важным является простота получения таких оценок и их однозначная связь с известными показателями. Разрабатываемая система показателей должна быть удобна как для аналитического анализа, так и для реализации на компьютерах с минимумом затрат, должна позволять проводить оценку экологических объектов как при экологическом мониторинге, так и при научных исследованиях, разработке и проектировании новых технологий.

Обеспечение высокого уровня экологической безопасности невозможно без регулярности экологического мониторинга и контроля, что определяет **принципы плановости и развития**. Постоянное расширение производства, совершенствование технологий, с одной стороны, дополнительная всё возрастающая нагрузка на окружающую среду, приводящая к её загрязнению, с другой – средство для улучшения экологического состояния окружающей среды и производства. Справиться с увеличивающимся антропогенным воздействием производственных предприятий, количество которых постоянно возрастает, возможно только на основе планового развития и совершенствования экосистем, внедрения

современных информационных систем мониторинга, информационных технологий и автоматизированных систем управления.

Эффективное управление можно обеспечить только на основе ограниченного до разумных пределов, обусловленных возможностями восприятия и анализа информации человеком, количества непротиворечивых оценок, интегрирующих все сведения о состоянии управляемости объекта на основе **принципа интеграции и комплексирования** в единую оценку, на основе которой может быть принято объективное решение по управлению. Предпосылка такой интеграции и комплексирования – первые восемь принципов экологической генерализации (рис. 4).

**Принцип открытости** в структуре экологической генерализации означает построение систем мониторинга с возможностью открытого доступа к информации и в сочетании с другими принципами обеспечивает прозрачность, плановость и действенность экологического контроля, развитие информационных систем мониторинга, их совершенствование и расширение функциональных возможностей, наращивание.

#### **Список литературы**

1. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Концепция построения интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* – 2009. – №5(2). – С. 527–530.
1. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Программная платформа для построения интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* – 2009. – Т.11. – № 5-2. – С. 531-536.
2. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Интегрированный электромеханический комплекс // *В мире научных открытий.* – 2010. – № 4-8. – С. 27-30.
3. Прошин, Д.И. Подготовка высококвалифицированных кадров для предприятий машиностроения по вектору знаний (статья) // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* – 2011. – Т. 13. № 1 – 3. – С. 727 – 731.
4. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д., Сюлин П.В. Управление образовательным процессом подготовки кадров для машиностроения по вектору знаний // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук.* – 2012. – Т. 14. № 1(2). – С. 705 – 708.
5. Прошин И.А., Сюлин П.В., Таранцев К.В. Системная организация научных исследований экосистем // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.* – 2012. – № 02(06). – С. 166– 170.
6. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Структурно-параметрический синтез математических моделей объектов исследования по экспериментальным данным // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия “Морская техника и технология”.* – 2009. – №1. – С. 110–115.
7. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Построение математических моделей в задачах обработки экспериментально-статистической информации // *Известия Самарского научного центра РАН. Авиационно-космическое машиностроение.* – Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. Т.14. – №1(2) – С. 425-428.
8. Прошин И.А., Прошина Р.Д., Сюлин П.В. Методика структурно-параметрического синтеза математических моделей экосистем // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.* – 2013. – № 09 (13). Т.1. – С. 47 – 57.
9. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Автоматизированная обработка информации в системах управления технологическими процессами: Монография. – Пенза: ПГТА, 2012. – 380 с.
10. Прошин И.А., Сюлин П.В. Оценка экологической безопасности многокомпонентных систем // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.* – 2013. – № 09 (13). Т.1. – С. 144 – 156.
11. Прошин И.А., Сюлин П.В. Оценка качества сточных вод в пространстве вектора экологической безопасности // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.* – 2013. – № 09 (13). Т.1. – С. 183 – 190.

12. Прошин И.А., Сюлин П.В. Компонентный портрет экологической безопасности // Проблемы региональной экологии. – 2013. – № 6. – С. 151–154.
13. Прошин И.А., Сюлин П.В. Методика научных исследований экосистем // Экологические системы и приборы. – 2013. – № 12. – С. 26–32.

УДК 620.193.42

### АНАЛИЗ ПРИЧИН КОРРОЗИОННОГО РАЗРУШЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ГАЛУРГИЧЕСКОМ СПОСОБЕ ПРОИЗВОДСТВА КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

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

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

### ANALYSIS OF CORROSION DAMAGE EQUIPMENT IN HALURGICAL METHOD OF PRODUCTION OF POTASH FERTILIZERS

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

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

Проведен анализ причины интенсивного разрушения оборудования в модернизированной схеме производства калийных удобрений. Выявлено, что модернизация схемы смешения рабочих потоков привела к ускоренному коррозионно-эрозийному разрушению корпуса и узлов аппарата.

**Ключевые слова:** коррозия, аппарат, калийные удобрения, схема смешения.

The analysis of the reasons of intensive corrosion destruction of equipment in modernized scheme of potash fertilizers production was made. Revealed that the modernization of scheme has changed the scheme of mixing workflows and accelerated the corrosion-erosive destruction of the apparatus.

**Key words:** corrosion, apparatus, potash fertilizers, mixing scheme

В галургическом способе производства калийных удобрений применяется трехступенчатая прямоточная схема извлечения растворимого вещества из твердого материала с помощью жидкого растворителя (рис. 1).

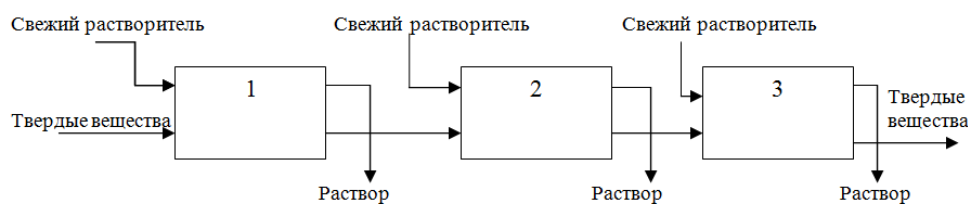


Рисунок 1 – Трехступенчатая схема выщелачивания

Аппараты работают по схеме прямотоков и установлены последовательно. Растворение руды происходит в двух первых аппаратах. Сильвинитовая руда загружается в первый аппарат (1), в котором происходит ее нагрев до температуры растворения (70-80 °С) при помощи маточного щелока. Нагретая руда поступает во второй аппарат (2), предназначенный для окончательного растворения щелоком, температура которого превышает 100°С. Остаток нерастворившейся твердой фазы из аппарата 2 выгружается элеватором в третий аппарат (3), предназначенный для рекуперации тепла галитового отвала.

Твердая фаза и растворяющая жидкость (маточный щелок) непрерывно поступают в корпус аппарата через штуцеры входа продукта, а раствор отводится через слив-



ной карман и штуцер слива продукта с противоположного конца корпуса растворителя. Твердый материал перемещается вдоль корпуса аппарата винтовыми лопастями горизонтального ротора, жидкость движется в том же направлении. Нерастворившийся остаток поступает в установленный на выходе аппарата наклонный элеватор, после чего выгружается в следующий растворитель или отвал.

Для изготовления узлов и деталей, контактирующих с рабочей средой, применяется сталь марки 08Х21Н6М2Т, рекомендованная организацией, эксплуатирующей оборудование и специализированными институтами (ЗАО ВНИИ «Галургии», ПАО «УкрНИИхиммаш»).

В 2011г. по решению эксплуатирующей организации аппарат (3) размерами 30500×5700×5990 мм был заменен аппаратом меньшей длины 21500×5700×5990. Модернизированный аппарат был введен в эксплуатацию в марте 2012 года.

Через три месяца эксплуатации во время плановой остановки аппарата были отмечены обширные участки коррозии на поверхности узлов и деталей, контактирующих с рабочей средой:

- корпус аппарата – точечно-язвенная поверхностная коррозия с участками различного диаметра, общей площадью более 20%, глубина язв до 2 мм;
- ротор – точечно-язвенная поверхностная коррозия с участками различного диаметра общей площадью порядка 20%, глубина язв до 2 мм.;
- лопасти ротора в зонах рубки листа подверглись эррозионно-коррозионному разрушению общей площадью 100%, с глубиной язв до 5 мм; в зонегиба на поверхности листа – точечно-язвенная коррозия общей площадью порядка 10%, глубиной до 2 мм;
- оси ковшовой цепи элеватора – язвенная поверхностная коррозия с участками различного диаметра, глубина язв до 3 мм;
- сварные швы элементов ковшей элеватора – язвенная коррозия околошовных зон;
- шахта элеватора – язвенная поверхностная коррозия с участками различного диаметра, общей площадью более 20%, глубина язв до 2 мм;
- гайки крепления перегородок к корпусу растворителя – коррозионное растрескивание под напряжением по всему телу.

Через шесть месяцев эксплуатации аппарата, в сентябре 2012 г. выявлены следующие коррозионные разрушения:

- корпус аппарата – точечно-язвенная коррозия поверхности стенок общей площадью порядка 25% с глубиной язв до 3,3 мм, язвенная коррозия околошовных зон вертикальных и горизонтальных сварных швов корпуса с глубиной язв до 3,0 мм;
- ротор – язвенная коррозия трубы ротора общей площадью порядка 25% с глубиной язв до 1,2 мм, язвенная коррозия лучей ротора с глубиной язв до 1,0 мм; язвенная коррозия кромок лопастей (в зоне рубки листа) общей площадью 100% с глубиной язв до 4,5 мм, язвенная коррозия лопастей, лучей, раскосов (в зонегиба листа) общей площадью порядка 15% глубиной до 1 мм;
- оси ковшовой цепи элеватора – язвенная коррозия с глубиной язв до 2,0 мм;
- ковши цепи элеватора – язвенная коррозия участков поверхности различного диаметра с глубиной язв до 1 мм, язвенная коррозия околошовных зон сварных элементов;
- шахта элеватора – язвенная коррозия общей площадью 25% с глубиной язв до 2 мм,
- гайки крепления перегородок к корпусу растворителя – коррозионное растрескивание под напряжением по всему телу с их частичным или полным разрушением.

Через двенадцать месяцев эксплуатации коррозионное разрушение аппарата продолжилось:

- корпус аппарата – глубина язв до 2,3 мм;
- нижняя часть корпуса аппарат (на уровне оси ротора) – глубина коррозионных язв до 4,0 мм;
- оси ковшовой цепи элеватора – язвы до 5мм;
- планки цепи элеватора – язвы глубиной до 2,0 мм.

Через 18 месяцев эксплуатации:

- корпус аппарата – глубина язв до 5,6 мм;

- днище шахты элеватора – глубина язв до 8 мм;
- торцевые кромки лопастей ротора – глубина язв до 15 мм;
- лопасти, лучи, раскосы в местахгиба – глубина язв до 5 мм;
- ковшовая цепь заменена.

Таким образом, скорость коррозии превысила предельно допустимый для данного типа стали показатель.

Поскольку ранее, до модернизации аппарата, сталь марки 08X21H6M2T успешно зарекомендовала себя в данном производстве и случаев интенсивного коррозионного разрушения аппаратов не выявлено, был проведен анализ причин выхода данного аппарата из строя.

Выявлено, что аппарат изготовлен в полном соответствии с требованиями технического задания, требованиями нормативных документов и ГОСТ Р 52630-2006 по согласованной технической документации. Качество примененного металла 08X21H6M2T подтверждено сертификатами соответствия завода-изготовителя, протоколами испытаний на межкристаллитную коррозию и проведенными химическими и металлографическими исследованиями.

Химический анализ металла вырезанного фрагмента аппарата показал, что металл соответствует аустенитно-ферритной стали 08X21H6M2T ГОСТ5632-72.

Химический состав исследуемой стали по ГОСТ5632-72 приведен в таблице 1. Фактический химический состав приведен в таблице 2.

Таблица 1 – Химический состав стали 08X21H6M2T

Элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P
Содержание, %	≤0,08	≤0,8	≤0,8	20,0-22,0	5,50-6,50	1,80-2,50	0,20-0,40	≤0,025	0,035

Таблица 2 – Фактический химический состав стали 08X21H6M2T

Элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P
Содержание, %	0,07	0,46	0,42	21,8	6,5	1,95	0,2	0,018	0,021

Проведенные металлографические исследования показали, что структура металла соответствовала стали 08X21H6M2T после закалки при 1000°C. Выделений карбидов на границах ферритных и аустенитных зерен не наблюдалось.

Электрохимические исследования проводились с помощью потенциостата П-5827М в электрохимической ячейке без разделения катодного и анодного пространств. В качестве электрода сравнения применяли насыщенный хлорсеребряный электрод, вспомогательным электродом служила гладкая платина. При исследовании склонности сталей к питтинговой коррозии использовали электроды в виде полоски 20x10x1 мм.

Исследования на склонность к питтинговой (точечно-язвенной) и щелевой коррозии проводили путем снятия анодных потенциодинамических кривых прямого и обратного хода со скоростью наложения потенциала 1,8 В/час. Исследования проводили в модельном растворе технологической линии Б усредненного химического состава (%): KCl - 13,83; NaCl - 17,50; MgCl - 1,79; CaSO<sub>4</sub> - 0,19; CaCl<sub>2</sub> - 1,77; H<sub>2</sub>O - 0,76 на образце из стали 08X21H6M2T при температуре окружающей среды и при 70 ± 2 °С.

Выявлено, что сталь 08X21H6M2T в исходном состоянии корродирует в пассивном состоянии, однако ее потенциал репассивации питтингов всего на 40 мВ положительнее потенциала свободной коррозии, что может привести к возникновению питтингов при изменениях условий эксплуатации аппарата.

Таким образом, технологические особенности изготовления аппарата и качество конструкционного материала не могли послужить основной причиной разрушения аппарата и его узлов.

По-видимому, основной причиной, спровоцировавшей ускоренное разрушение аппарата, явилась его модернизация. Уменьшение длины аппарата с 30500 мм до 21500

мм, без изменения его ширины и высоты, привело к замене схемы прямотока (процесс идеального вытеснения продукта) к схеме противотока (процесс идеального смешения).

Согласно технологическим расчетам, процесс рекуперации тепла в модернизированном аппарате должен был протекать при противотоке. Аппарат для обеспечения производительности 800 т/ч по твердой фазе отвала, заполнялся рабочей средой практически под крышку (ниже уровня крышки  $\approx$  на 300 мм). При подобном уровне заполнения мешалки в пространстве между крышкой и средой возникает насыщенная паровоздушная смесь.

В условиях высокой коррозионной и эрозивной агрессивности рабочей среды (табл. 3 и 4) это привело к ужесточению условий эксплуатации аппарата и интенсивному коррозионному разрушению аппарата [1-4].

Таблица 3 – Гранулометрический состав галитового отвала

Крупность фракции, мм	Массовая доля, %
+ 5	7,1 $\div$ 12,6
+ 2,5	14,1 $\div$ 20,0
+ 1,0	25,4 $\div$ 38,3
- 1,0	33,3 $\div$ 47,8
+ 0,5	17,3 $\div$ 22,3
+ 0,125	13,2 $\div$ 25,9
- 0,125	1,4 $\div$ 3,0

Таблица 4 – Характеристика рабочих сред

Аппарат		
<i>галитовый отвал:</i> массовая доля воды 8 $\div$ 14%; KCl до 3,1%; NaCl до 95%; CaSO <sub>4</sub> + нерастворимый остаток до 2,0%.	<i>жидкая фаза:</i> T=105 $^{\circ}$ C; 7pH; плотность, кг/м <sup>3</sup> – 1250 $\div$ 1255; вязкость (при 1000 $^{\circ}$ C) – 0,6 $\div$ 1,0 $\cdot$ 10 <sup>3</sup> Па $\cdot$ c; Температура кипения 107 $^{\circ}$ C; Состав: KCl до 17%; NaCl до 17%; MgCl <sub>2</sub> + CaCl <sub>2</sub> до 4,0%; вода 62 $\div$ 65%.	<i>маточный целок:</i> T= 28 $\div$ 42 $^{\circ}$ C; плотность, кг/м <sup>3</sup> – 1230 $\div$ 1245; Состав: KCl 9,5 $\div$ 13,5%; NaCl 17 $\div$ 19%; MgCl <sub>2</sub> + CaCl <sub>2</sub> до 4,0%; нерастворимый остаток – до 150 мг/м <sup>3</sup> ; вода 70 $\div$ 64%. <i>фильтрат:</i> T= 65 $\pm$ 5 $^{\circ}$ C. KCl 8 $\div$ 17%; NaCl 9 $\div$ 24%; MgCl <sub>2</sub> + CaCl <sub>2</sub> 1,9 $\div$ 4,0%; <i>рассол:</i> T=-5 $\div$ +40 $^{\circ}$ C; плотность, кг/м <sup>3</sup> 1160 $\div$ 1190; KCl 6 $\div$ 9%; CaCl <sub>2</sub> 10 $\div$ 15%; MgCl <sub>2</sub> + CaCl <sub>2</sub> – до 2,0%; вода 82 $\div$ 75%.
Элеватор		
<i>галитовый отвал:</i> массовая доля воды 8 $\div$ 14%; KCl 1,85 $\div$ 10,0%; NaCl 97,15 $\div$ 87,4%; CaSO <sub>4</sub> 0,24 $\div$ 0,51%; нерастворимый остаток 0,74 $\div$ 2,09%.	<i>жидкая фаза:</i> T= до 60 $\div$ 80 $^{\circ}$ C; 7 pH; плотность 1220 $\div$ 1240 кг/м <sup>3</sup> ; вязкость (при 100 $^{\circ}$ C) – 1,5 $\cdot$ 1,0 $\cdot$ 10 <sup>3</sup> Па $\cdot$ c Состав: KCl 7,93 $\div$ 16,6%; NaCl 9,02 $\div$ 24,6%; MgCl <sub>2</sub> 0,9 $\div$ 1,92% CaCl <sub>2</sub> 1,0 $\div$ ,03%; остальное вода	

Таким образом, можно сделать вывод, что язвенная коррозия, возникшая сразу после ввода оборудования в эксплуатацию, спровоцирована, главным образом, изменением конструкции аппарата.

#### **Список литературы**

1. Колотыркин Я.М. *Металл и коррозия*. – М.: Металлургия, 1985.
2. Пахомов В.С. *Коррозия металлов и сплавов*. – Наука и технологии, 2013.
3. Таранцева К.Р., Пахомов В.С. *Критерий питтингостойкости коррозионно-стойких сталей // Химическое и нефтегазовое машиностроение*. 2009. № 6. С. 45-48.
4. Таранцева К.Р., Пахомов В.С. *Влияние движения среды и температуры на потенциал образования солевой пленки // Защита металлов*. 1999. Т.35. № 2. С. 162 – 168.

**УДК: 504.75**

#### **ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

- © **О.А. Логвина**, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)
- © **Т.А. Шарков**, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)
- © **Ю.О. Логвин**, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)

#### **INTEGRAL INDICES IN THE ESTIMATION OF THE STATE OF THE NATURAL OBJECTS**

- © **O.A. Logvina**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)
- © **S.U. Efremova**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)
- © **U. O. Logvin**, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)

Статья посвящена рассмотрению возможности оценки экологического состояния водного объекта и прогнозирования его дальнейшего изменения на основе наиболее часто используемых индексов загрязнения.

**Ключевые слова:** Экологическое состояние, загрязнение водной среды, интегральный индекс, гидрохимический индекс, предельно допустимые концентрации.

The article discusses the possibility of assessing the ecological status of water bodies and predict its future changes based on the most commonly used indices of pollution.

**Key words:** Ecological condition, water pollution, the integral index, hydrochemical index, maximum permissible concentration.

В.И. Вернадский определял жизнь как живую воду, поскольку ткани живых организмов на 70% состоят из воды. Потребность в воде у организмов очень велика, например, для образования 1 кг биомассы дерева расходуется до 500 кг воды. Количество пресной воды не уменьшается, но ее качество резко падает, она становится непригодной для потребления. Качество воды в большинстве водных объектов России не отвечает нормативным требованиям, не улучшилось за последние годы положение и с качеством питьевой воды [1].

Важной проблемой в сфере охраны водной среды является разработка методов оценки качества поверхностных вод и определение вклада антропогенных факторов, и его изменение. Для промышленных регионов решающее значение в формировании качества природных вод играет прежде всего сброс неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод промышленности и населения [3].

В связи с этим существует необходимость введения некоего интегрального показателя уровня загрязнения водной среды, позволяющего оценить реальное состояние на

текущий момент, тенденции изменения его в лучшую / худшую сторону, и сделать хотя бы приблизительный прогноз развития ситуации на ближайшее время, в случае, если уровень внешнего воздействия не претерпит существенных изменений.

Простейшую модель, не учитывающую различную степень опасности загрязняющих веществ, можно представить функцией [2]:

$$\xi(x_1, \dots, x_n, \tau) = \sum_{i=1}^n x_n.$$

Такая функция может называться просто «уровнем загрязнения», ибо показывает общее количество примесей на единицу объема и представляет собой суммарную концентрацию загрязняющих веществ (таб.1) [5]. Рассмотрение значений данной функции в зависимости от времени даёт картину изменения общего уровня загрязнения с течением времени и позволяет сделать простейших прогноз.

Таблица 1 – Содержание токсичных металлов

№ опыта	Концентрация С, мг/л								
	Cu <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	As <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>
1	0,3	0,35	0,5	1,6	0,03	0,28	0,36	0,03	0,001
2	1,3	0,04	0,1	0,2	0,04	0,07	0,16	0,70	0,001
3	2,5	0,31	0,05	0,5	0,01	0,06	0,34	0,02	0,001
4	0,5	0,02	2,0	0,2	0,07	0,35	0,46	0,02	0,001
5	0,1	0,01	7,0	0,1	0,02	0,07	0,08	0,05	0,001
6	0,2	0,12	0,5	0,1	0,10	0,04	0,33	0,02	0,001
7	2,1	0,01	0,6	2,0	0,03	0,51	0,03	0,05	0,001
8	0,5	0,002	2,0	0,1	0,01	0,03	0,37	0,04	0,003
9	1,6	0,03	1,5	0,7	0,05	0,30	0,31	0,05	0,001
10	0,1	0,02	0,5	0,1	0,01	0,6	0,05	0,02	0,001
11	0,5	0,4	0,5	0,15	0,05	0,15	0,10	0,07	0,001
12	1,9	0,01	1,0	0,3	0,10	0,05	0,25	0,03	0,002
13	2,0	0,16	0,2	0,1	0,04	0,05	0,36	0,05	0,001
14	0,1	0,01	1,3	0,3	0,02	0,03	0,47	0,02	0,001
30	0,5	0,02	1,5	0,1	0,01	0,20	0,25	0,05	0,001

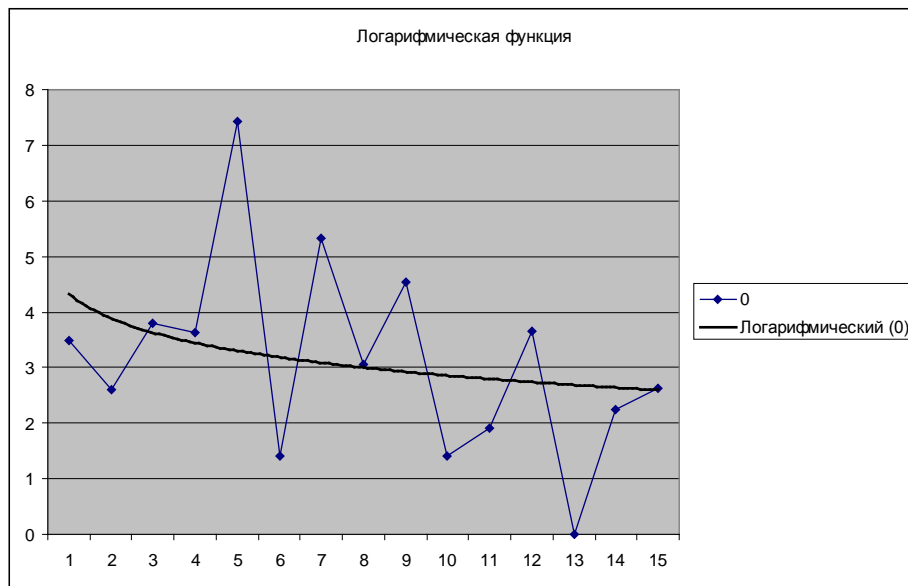
Пусть  $\xi(x_1, \dots, x_n, \tau) = \sum_{i=1}^n x_n(\tau)$  – функция уровня загрязнения,

$\tau$  – время,  $x_1, \dots, x_n$  - концентрации различных химических примесей. Найдём значения данной функции для лабораторных данных (таб.2).

Таблица 2 – Таблица значений функции  $\xi(x_1, \dots, x_9, \tau)$

$\tau$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\xi$	3,475	2,611	3,791	3,621	7,417	1,411	5,331	3,055	4,541	1,401	1,921	3,642	2,961	2,251	2,631

Получаем график зависимости  $\xi(x_1, \dots, x_n, \tau)$ , который уже позволяет сделать умозрительное заключение о тенденции к снижению уровня загрязнений. Приближение логарифмической функцией даёт в данном случае слишком большое отклонение, но хорошо иллюстрирует такую возможность.



Однако предложенный подход страдает серьёзным недостатком: он одинаково расценивает примеси, которые очень сильно отличаются по степени токсичности [6].

Один из подходов, позволяющих учитывать токсичность примесей – это определение интегрального индекса экологического состояния (ИИЭС) [4]:

$$ИИЭС = \frac{1}{n_b} \cdot \sum_{i=1}^{n_b} b_i \quad (3)$$

где  $n_b$  – количество показателей, используемых для расчета индекса;  $b_i$  – баллы (от 1 до 4), присвоенные каждому показателю в соответствии с таблицей 3.

В таблице 3 приведены границы диапазонов для определения оценочных баллов по каждому отдельному показателю, в которые входят как значения ПДК и класса опасности вещества, так и комплексные показатели [5].

Таблица 3 – Градации показателей для вычисления балльной оценки

№	Показатель	Балл (b)			
		1	2	3	4
1.	ПДК <sub>в</sub> , мг/л	< 0,01	0,01...0,1	0,11...1	> 1
2.	Класс опасности в воде	1	2	3	4
3.	ИЗВ, баллы	> 4,0	2,1...4,0	1,0...2,0	< 1

В нашем случае это даёт:

$$ИИЭС = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 b_i = \frac{1}{9} (3 + 2 + 3 + 3 + 2 + 3 + 3 + 2 + 1) = \frac{22}{9}.$$

Однако в данном случае не учтена концентрация примесей, вследствие чего построение какой-либо прогностической функции невозможно.

Более общую картину состояния даёт использование такого показателя, как гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ) [4]. ИЗВ является аддитивным показателем и показывает относительные превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов:

$$ИЗВ = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i}$$

где  $n$  – число показателей, используемых для расчета индекса;  $C_i$  – концентрация химического вещества в воде, мг/л;  $ПДК_i$  – предельно допустимая концентрация вещества в воде, мг/л. (Для кислорода находится отношение  $ПДК_i$  к  $C_i$ .)

При определении *ИЗВ* для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового видов водопользования расчет ведут по величине  $ПДК_e$  для шести компонентов, имеющих наибольшую кратность превышения ( $С/ПДК_e$ ), т.е.  $n = 6$ . В число шести основных, так называемых «лимитируемых» показателей, входят в обязательном порядке концентрация растворенного кислорода и значение  $БПК_5$ . В нашем примере концентрация растворенного кислорода и значение  $БПК_5$  не определялись. Однако используем *ИЗВ* как функцию загрязнения перечисленными химическими примесями. Поскольку в наших опытах присутствовало девять ингредиентов, воспользуемся выражением

$$ИЗВ = \frac{1}{9} \cdot \sum_{i=1}^9 \frac{C_i}{ПДК_{e_i}}$$

и данными о значениях ПДК (табл. 4).

Таблица 4 – Предельно допустимые концентрации и класс опасности катионов металлов в воде

Показатель	Металлы								
	Al <sup>3+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
ПДК <sub>в</sub> , мг/л	0,5	0,05	1	0,3	0,0005	0,1	0,1	0,3	5
Класс опасности	2	2	3	3	1	3	3	2	3

и составим таблицу из относительных превышений ПДК:

Таблица 5 – Значения  $\frac{C_i}{ПДК_i}$ .

№ опы-та	Концентрация С, мг/л								
	$\frac{C_{Cu^{2+}}}{ПДК_{Cu^{2+}}}$	$\frac{C_{Al^{3+}}}{ПДК_{Al^{3+}}}$	$\frac{C_{Zn^{2+}}}{ПДК_{Zn^{2+}}}$	$\frac{C_{Fe^{3+}}}{ПДК_{Fe^{3+}}}$	$\frac{C_{As^{3+}}}{ПДК_{As^{3+}}}$	$\frac{C_{Mn^{2+}}}{ПДК_{Mn^{2+}}}$	$\frac{C_{Ni^{2+}}}{ПДК_{Ni^{2+}}}$	$\frac{C_{Pb^{2+}}}{ПДК_{Pb^{2+}}}$	$\frac{C_{Hg^{2+}}}{ПДК_{Hg^{2+}}}$
	1	0,3	0,7	0,1	5,3	0,6	2,8	3,6	0,1
2	1,3	0,08	0,02	0,67	0,8	0,7	1,6	2,3	2
3	2,5	0,62	0,01	1,67	0,2	0,6	3,4	0,07	2
4	0,5	0,04	0,4	0,67	1,4	3,5	4,6	0,07	2
5	0,1	0,02	1,4	0,33	0,4	0,7	0,8	0,17	2
6	0,2	0,24	0,1	0,33	2	0,4	3,3	0,07	2
7	2,1	0,02	0,12	6,67	0,6	5,1	0,3	0,17	2
8	0,5	0,004	0,4	0,33	0,2	0,3	3,7	0,13	6
9	1,6	0,06	0,3	2,33	1	3,0	3,1	0,17	2
10	0,1	0,04	0,1	0,33	0,2	6	0,5	0,07	2
11	0,5	0,8	0,1	0,5	1	1,5	1,0	0,23	2
12	1,9	0,02	0,2	1	2	0,5	2,5	0,1	4
13	2,0	0,32	0,04	0,33	0,8	0,5	3,6	0,17	2
14	0,1	0,02	0,26	1	0,4	0,3	4,7	0,67	2
15	0,5	0,04	0,3	0,33	0,2	2	2,5	0,17	2

Если рассматривать в качестве переменных относительные величины, т.е. при-

нять  $Y_i = \frac{C_i}{ПДК_i}$ , то полученная функция будет учитывать и количество примесей

каждого вида, и их токсичность. В таком случае полученная функция может использоваться для прогнозирования ситуации.

$$\xi(y_1, \dots, y_n, \tau) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_n(\tau)$$

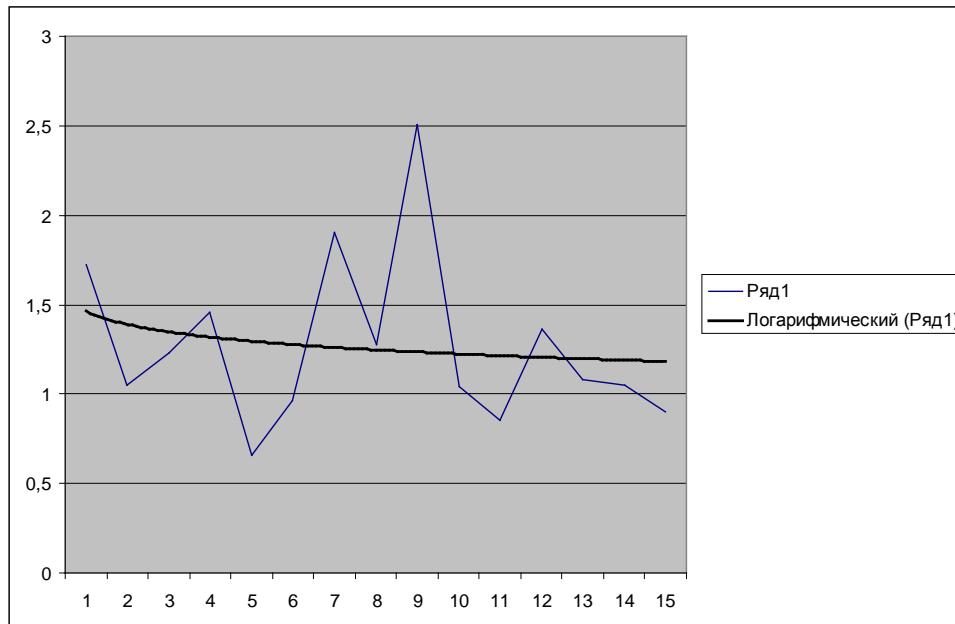
Кроме того, данная функция уже является безразмерной. В нашем примере рассматривались девять ингредиентов, поэтому

$$\xi(y_1, \dots, y_9, \tau) = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 y_n(\tau).$$

Таблица 6 – Таблица значений функции  $\xi(y_1, \dots, y_9, \tau)$

$\tau$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\xi$	1,72	1,05	1,23	1,46	0,66	0,96	1,9	1,28	2,51	1,04	0,85	1,36	1,08	1,05	0,9

Получаем график зависимости  $\xi(y_1, \dots, y_9, \tau)$ , сильно отличающийся от графика функции  $\xi(x_1, \dots, x_9, \tau)$ .



Полученная зависимость наглядно показывает, что большую часть времени качество воды соответствовало 2 классу качества (табл.7). Приближение логарифмической функцией хорошо отражает тенденцию к постепенному убыванию значений функции, однако при этом сохраняются скачки значений, что в данном случае вызывается погрешностью экспериментов, так как измерения проводились однократно.

Таблица 7 – Классификация качества воды водоемов в зависимости от комплексного ИЗВ

Качественное состояние воды	Значения ИЗВ	Класс качества воды
Очень чистые	< 0,2	1
Чистые	0,2 – <1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0 – <2,0	3
Загрязненные	2,0 – <4,0	4
Грязные	4,0 – <6,0	5
Очень грязные	6,0 – <10,0	6
Чрезвычайно грязные	≥ 10,0	7



Таким образом, проведённые исследования позволяют сделать вывод о возможности использования как прогностической функции

$$\xi(y_1, \dots, y_n, \tau) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_n(\tau), \text{ где } y_i = \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \text{ при оценке состояния водных}$$

объектов в экологическом мониторинге.

В случае проведения достаточного количества экспериментов для получения достоверных данных о значении основных показателей загрязнения возможно использование в прогнозировании развития экологической ситуации.

#### **Список литературы**

1. Коновалов В.В., Логвина О.А. Моделирование состояния экологической системы // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2012. – № 2. – С. 159-162.
2. Логвина О.А. Количественные критерии оценки состояния сложных систем // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2012. – № 2. – С. 95-102.
3. Логвина О.А., Ефремова С.Ю. Профилактика вторичного загрязнения воды // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2013. – Т. 1. № 09 (13). – С. 226-229.
4. Логвина О.А., Логвин Ю.О. Интервальные числа и индексы загрязнённости // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2013. – Т. 1. № 09 (13). – С. 58-63.
5. РД 52.24.643-2002 Метод комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод по гидрохимическим показателям.
6. Таранцева К.Р., Мызников А.О., Логвина О.А., Марынова М.А. Моделирование состава сточных вод поступающих на очистные сооружения // *Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского*. – 2011. – № 26. – С. 677-681.

УДК 681.31-181.48

**СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНДИКАТОРОВ В ОЦЕНКЕ  
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ АТМОСФЕРЫ**

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

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

**INFORMATION SYSTEM INDICATORS ASSESSMENT  
ENVIRONMENTAL CONDITIONS ATMOSPHERE**

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

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

В статье для оценки экологического совершенства многокомпонентных систем предложена система индикаторов качества и разработана методика оценки экологического совершенства объектов с использованием компонентных портретов экологического состояния. Исследования проведены на примере оценки качества атмосферы г. Пензы.

**Ключевые слова:** индикатор качества, компонентный портрет, методика, мониторинг, риск, экология, экоинформатика, экологическая безопасность, экологическое состояние.

In an article for the assessment of environmental excellence multicomponent systems, a system of quality indicators and the method of assessment of environmental excellence through the component objects portraits of ecological status. Studies are conducted in assessing the quality of the atmosphere of Penza.

**Key words:** an indicator of quality, component portrait, methods, monitoring, risk, ecology, environmental informatics, environmental safety, ecological condition.

**E-mail:** proshin.Ivan@inbox.ru

Совершенствование принципов и механизмов экологического мониторинга, контроля и управления сопряжено с разработкой и внедрением эффективных информационных систем на базе современных интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) [1 – 5], информационных технологий и методов исследования [6 – 10], обеспечивающих сжатие, комплексирование и четкую интерпретацию исходных данных, что обуславливает необходимость построения единого комплекса показателей, индикаторов и индексов, отражающих в наиболее удобной и наглядной форме достоверную информацию о текущем состоянии экологической системы.

Цель настоящей работы – создание целостной системы индикаторов и разработка методики анализа экологического состояния разнообразных многокомпонентных объектов, обеспечивающих оценку элементов экосистем с различными способами нормирования в единой области значений, и исследование её возможностей на примере оценки экологического состояния атмосферы.

Для оценки экологического состояния предлагается единый как для объектов окружающей среды, так и для промышленных предприятий индикатор качества (ИК), характеризующий степень совершенства объекта и обеспечивающий трансформацию различных областей значений отдельных показателей в единую область пространства [11 – 14].

Предлагаемая методика оценки экологического состояния многокомпонентных объектов включает в себя определение относительных значений показателей  $\delta_i$  для заданных областей нормирования, построение информационных индикаторов качества  $\eta_i$ , обеспечивающих трансформацию значений различных групп показателей в единую область пространства  $\eta_i \in (-\infty, 1]$ , ранжирование компонент объекта по минимуму индикаторов  $\eta_i$ , расчёт индикаторов  $\chi_i$  и степени риска  $R_i$  в области значений

$(0, 1]$ , формирование векторов экологического состояния  $\bar{\eta} = [\eta_1 \ \eta_2 \ \dots \ \eta_n]^T$ , качества  $\bar{\chi} = [\chi_1 \ \chi_2 \ \dots \ \chi_n]^T$  и риска  $\bar{R} = [R_1 \ R_2 \ \dots \ R_n]^T$  объекта, расчёт приведённых индексов качества и степени риска, построение компонентных портретов экологического состояния, комплексный анализ степени экологического совершенства системы.

Оценку возможностей введённого индикатора качества  $\eta_i$  [11] для мониторинга атмосферы проведём по Государственному докладу о состоянии природных ресурсов и охраны окружающей среды Пензенской области за 2012 год. Результаты расчёта индикаторов качества атмосферы (ИКА) экологической безопасности по загрязняющим атмосферу г. Пензы компонентам представлены в таблице 1. Компоненты загрязняющих примесей ранжированы по уровню загрязнения. В первых круглых скобках приведён класс загрязняющего вещества, во вторых – указан соответствующий коэффициент приведения.

Таблица 1 – Индикаторы качества атмосферы г. Пензы

№	Вредные примеси	$\delta_i = x_i/c_i$ среднемесячная	$\eta_i = 1 - \delta_i$	$\chi_i = e^{\eta_i - 1}$	$R_i = 1 - e^{\eta_i - 1}$
1	<b>Формальдегид (2)</b> ( $W_1 = 1,3$ )	<b>3,3</b>	<b>-2,3</b>	<b>0,037</b>	<b>0,963</b>
2	<b>Бенз(а)пирен (1)</b> ( $W_2 = 1,5$ )	<b>1,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>0,223</b>	<b>0,777</b>
3	<b>Диоксид азота (2)</b> ( $W_3 = 1,3$ )	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,368</b>	<b>0,632</b>
4	<b>Фенол (2)</b> ( $W_4 = 1,3$ )	<b>0,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,497</b>	<b>0,503</b>
5	<b>Хлорид водорода (2)</b> ( $W_5 = 1,3$ )	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,67</b>	<b>0,33</b>
<i>Среднее по пяти</i> $\delta_5 = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} w_i \cdot \delta_i}{5}$		<i>9,27/5=1,854</i>	<i>-0,854</i>	<i>0,157</i>	<i>0,843</i>
6	Оксид азота (3) ( $W_6 = 1$ )	0,3	0,7	0,741	0,259
7	Взвешенные в-ва ( $W_7 = 3$ ) (1)	0,3	0,7	0,741	0,259
8	Оксид углерода (4) ( $W_8 = 0,85$ )	0,3	0,7	0,741	0,259
9	Сероводород (2) ( $W_9 = 1,3$ )	0,125	0,875	0,882	0,118
10	Диоксид серы (3) ( $W_{10} = 1$ )	0,1	0,9	0,905	0,095

По результатам расчёта построены компонентные портреты [11 –14] качества атмосферы (КПКА) в г. Пенза для области пространства  $\eta_i \in (-\infty, 1]$  (рис. 1) и для

области пространства  $\chi \in (0, 1]$  (рис. 2).

Расчёт ИКА в области  $\eta_i \in (-\infty, 1]$  для каждой компоненты с концентрацией  $X_i$  и предельно-допустимым значением  $C_i$  проведён на основе относительных величин концентраций  $\delta_i = X_i/C_i$  по формуле [11]

$$\eta_i = \frac{C_i - X_i}{C_i} = 1 - \frac{X_i}{C_i} = 1 - \delta_i. \quad (1)$$

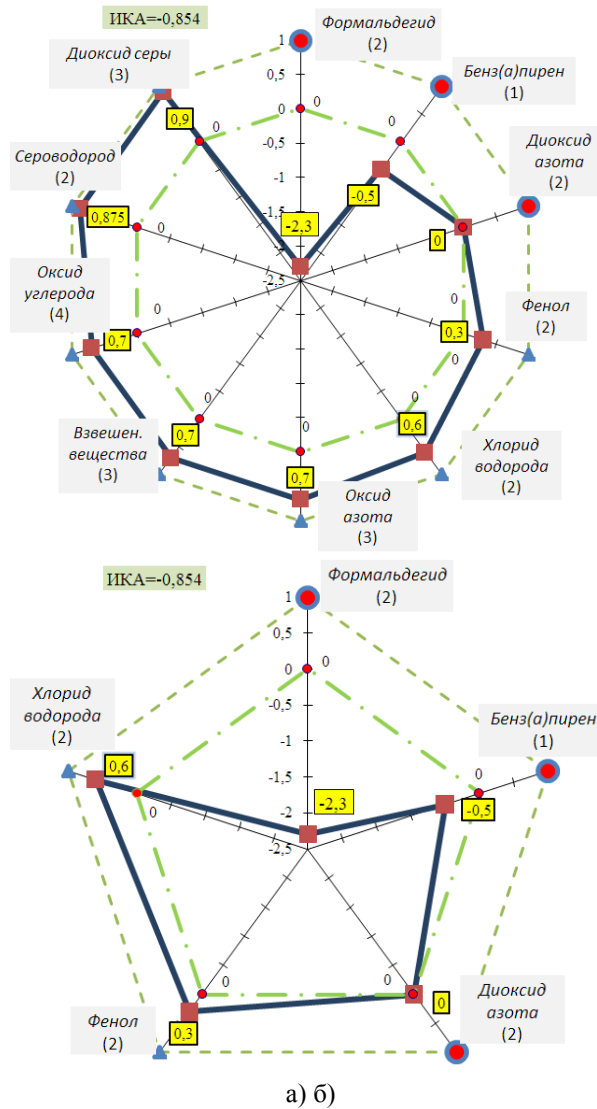


Рисунок 1 – Компонентный портрет качества атмосферы в г. Пензе ( $\eta_i \in (-\infty, 1]$ ):  
а) полный; б) по пяти компонентам



В (4)  $W_i$  – коэффициент приведения степени загрязнения воздуха  $i$ -веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы (третий класс  $W_i = 1$ ).

Рисунок 3 отражает компонентный портрет степени риска атмосферного воздуха в г. Пенза.

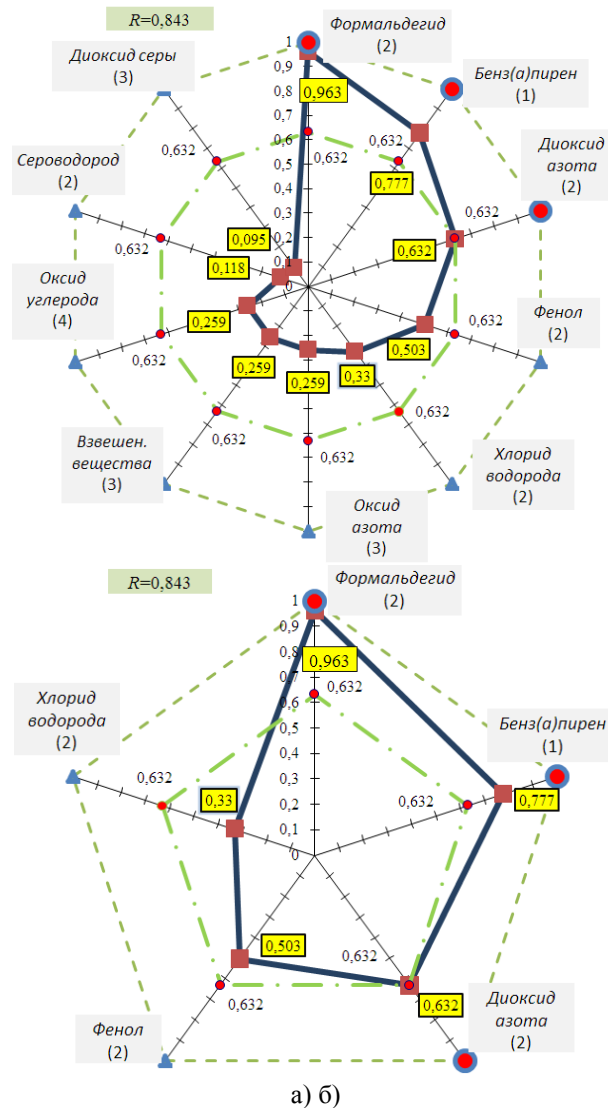


Рисунок 3 – Компонентный портрет качества атмосферы по риску в г. Пенза:  
а) полный; б) по пяти компонентам

Предлагаемый компонентный портрет качества (рис. 1) отражает экологическое состояние в пространстве  $\eta_i \in (-\infty, 1]$  относительно идеальной системы с  $\eta=1$  (внешняя линия) и предельно-допустимой системы  $\eta=0$  (линия нулевых значений). Область пространства от нуля до единицы  $\eta_i \in (0, 1]$  соответствует безопасному уровню загрязнения. Отрицательным значениям компонент  $\eta_i \in (-\infty, 0]$  соответствуют уровни загрязнения, превышающие предельнодопустимые. Эти области пространства на КПКА разделены линией нулевых значений  $\eta=0$ .

Компонентные портреты качества (рис. 2) и риска (рис. 3) отражают состояние атмосферы в пространстве  $(0, 1]$ . Идеальной системе здесь для  $\chi_i$  соответствует единица:  $\chi_i = 1$ , для степени риска  $R_i$  – ноль:  $R_i = 0$ . Абсолютно загрязнённой системе соответствуют точки  $\chi_i = 0$  и  $R_i = 1$ . Область допустимых значений и пространство индикаторов, превышающих предельно-допустимые значения, разделены линиями нулевых ИК  $\eta_i$ , которым соответствуют для  $\chi_i$  (рис. 2) значения  $\chi_i = e^{-\alpha} = 1/2,718 = 0,368$ , для  $R_i$  (рис. 3)  $R_i = 1 - e^{-\alpha} = 0,632$ . Компонентные портреты построены для  $\alpha=1$ .

Из анализа приведённых компонентных портретов следует, что для всех введённых показателей КПКА наглядно отражают качество атмосферы по каждой компоненте и позволяют легко определить наиболее критичные по уровню загрязнения компоненты. Для Пензы это формальдегид ( $\eta_1 = -2,3$ ,  $\chi_1 = 0,037$ ,  $R_1 = 0,963$ ), бенз(а)пирен ( $\eta_2 = -0,5$ ,  $\chi_2 = 0,223$ ,  $R_2 = 0,777$ ) и диоксид азота ( $\eta_3 = 0$ ,  $\chi_3 = 0,368$ ,  $R_3 = 0,632$ ).

Индикаторы качества  $\eta_i \in (-\infty, 1]$  для первых двух компонент (рис.1) отрицательны и на компонентном портрете находятся внутри круга с нулевыми координатами  $\eta=0$ , что свидетельствует о превышении предельнодопустимых значений для первой компоненты в 3,3 раза, для второй – в 1,5 раза. Значение третьей компоненты – диоксид азота, находится на линии с нулевыми координатами и соответствует предельнодопустимому значению. На КПКА эти компоненты отмечены красным цветом и увеличенными маркерами. Значения  $\eta_i$  для остальных компонент (4 – 10) положительны и на КПКА находятся вне круга с нулевыми координатами, свидетельствуя о том, что значения текущих показателей этих компонент находятся в области предельнодопустимых значений. Компонентные портреты включают оценки средних по пяти наиболее критичным компонентам, рассчитанные по формуле (4). Для состояния атмосферы в г. Пенза в 2012 г. приведённый по пяти компонентам индекс качества отрицателен и составил  $\eta_5 = -0,854$ , что свидетельствует о превышении предельнодопустимых значений загрязняющих веществ в 1,854 раза. Усреднённый по пяти компонентам индекс качества в пространстве  $\chi_5 \in (0, 1]$  составляет  $\chi_5 = 0,157$  (рис. 2), степень риска  $R_5 = 0,843$  (рис.3).

Предлагаемый КПКА (рис. 1) отражает экологическое состояние атмосферы и одновременно наглядно показывает необходимую степень очистки до предельнодопустимого состояния (valid state)  $\eta_i = 0$  или требуемую эффективность технологии  $Ev_i$  по очистке для каждой компоненты, которая определяется соотношением отрезков  $|\eta_i|$  к  $|1 - \eta_i|$

$$Ev_i = \frac{\eta_i}{\eta_i - 1}. \quad (5)$$

В общем случае при переводе системы из исходного состояния (initial state) с индикатором качества  $\eta_i$  в конечное требуемое состояние (required state) с индикатором качества  $\eta_i$  эффективность  $E_i$  технологии или степень очистки объекта по  $i$ -й компоненте определяется отношением отрезков  $|\eta_i - \eta_i|$  и  $|1 - \eta_i|$

$$E_i = \frac{\eta_i r_i - \eta_i}{1 - \eta_i}. \quad (6)$$

Непосредственная оценка показателей эффективности по КПКА, представленная на рисунках 2 и 3, затруднена. Эффективность  $E_i$  в функции  $\chi_i$  и  $R_i$  определяется выражениями (5) и (6) при подстановке в них нелинейных функций

$$\eta_i = 1 + \frac{\ln \chi_i}{\alpha}; \quad \eta_i = 1 + \frac{\ln(1 - R_i)}{\alpha}. \quad (7)$$

При мониторинге атмосферы в качестве основных оценок используют индексы:

- безразмерный стандартный индекс (СИ), оценивающий состояние атмосферы по наибольшей концентрации примеси за данный период наблюдений.
- наибольшая повторяемость (НП) превышения ПДК из данных измерений на посту за одной примесью или на всех постах за одной примесью, или на всех постах за всеми примесями;
- комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) по пяти приоритетным веществам, определяющим состояние атмосферы в городе.

Оценка уровня загрязнения проводится по четырём категориям (таблица 2): низкий (Н); повышенный (П); высокий (В); очень высокий (ОВ).

С учётом введённого индикатора качества, характеризующего не загрязнённость, а степень экологического совершенства, предлагается система из четырех соответствующих категорий, оценивающих степень экологического совершенства объекта в пространстве вектора качества атмосферы (табл. 2):

- высокий (В); пониженный (П); низкий (Н); очень низкий (ОН).

В таблице 2 приведены также значения уровней качества и состояния атмосферы для индикаторов качества атмосферы и степени риска, рассчитываемых по формулам (2) и (3) в области пространства  $(0, 1]$  для трёх значений коэффициента  $\alpha \in \{1; 0,693; 0,4057\}$ , соответствующих основаниям показательной функции  $x = e^\alpha \in \{e; 2; 1,5\}$ .

Достоинства индикаторов качества  $\chi_i$  и  $R_i$  состоят в том, что их область допустимых значений принадлежит отрезку  $(0, 1]$ , что привычно и удобно при оценке большинства разнообразных объектов. Вместе с тем, связь с известными оценками здесь оказывается более сложной, что затрудняет непосредственную оценку состояния по компонентным портретам.

Таблица 2 – Категории загрязнения и экологического качества

Показатель	Уровни загрязнения воздуха			
	I категория Низкий (Н)	II категория Повышенный (П)	III категория Высокий (В)	IV категория Очень высокий (ОВ)
СИ	[0; 2)	[2; 5)	[5; 10)	$\geq 10$
НП	[0; 1)	[1; 20)	[20; 50)	$\geq 50$
ИЗА	[0; 5)	[5; 7)	[7; 14)	$\geq 14$
Приведённый ИЗА	[0; 1)	[1; 1,4)	[1,4; 2,8)	$\geq 2,8$
Показатель	Уровни качества атмосферы			
	I категория Высокий (В)	II категория Пониженный (П)	III категория Низкий (Н)	IV категория Очень низкий (ОН)
ИКА $\eta_i \in (-\infty, 1]$	[1; 0)	[0; -0,4)	[-0,4; -1,8)	$\leq -1,8$



ИСА ( $\alpha = 1$ ) $\chi_i = e^{\alpha(\eta_i - 1)}$	[1; 0,368)	[0,368; 0,247)	[0,247; 0,061)	$\leq 0,061$
риск ( $\alpha = 1$ ) $R_i = 1 - e^{\alpha(\eta_i - 1)}$	[0; 0,632)	[0,632; 0,753)	[0,753; 0,939)	$\geq 0,939$
ИСА ( $\alpha = 0,693$ ) $\chi_i = e^{\alpha(\eta_i - 1)}$	[1; 0,5)	[0,5; 0,379)	[0,379; 0,144)	$\leq 0,144$
риск ( $\alpha = 0,693$ ) $R_i = 1 - e^{\alpha(\eta_i - 1)}$	[0; 0,5)	[0,5; 0,621)	[0,621; 0,856)	$\geq 0,856$
Средний ИСА ( $\alpha = 0,4057$ ) $\chi_i = e^{\alpha(\eta_i - 1)}$	[1; 0,667)	[0,667; 0,567)	[0,567; 0,321)	$\leq 0,321$
риск ( $\alpha = 0,4057$ ) $R_i = 1 - e^{\alpha(\eta_i - 1)}$	[0; 0,333)	[0,333; 0,433)	[0,433; 0,679)	$\geq 0,679$

Сами эти индикаторы задаются нелинейными функциями (2) и (3), а значения эффективностей (5), (6) с учётом (7) определяются нелинейными выражениями (рисунок 4)

$$E\nu_i = 1 + \frac{\alpha}{\ln \chi_i} \text{ и } E\nu_i = 1 + \frac{\alpha}{\ln(1 - R_i)}; \quad (8)$$

$$E_i = \frac{\ln \chi_i^i - \ln \chi_i^{r_i}}{\ln \chi_i^i} = 1 - \frac{\ln \chi_i^{r_i}}{\ln \chi_i^i} = \frac{\ln(\chi_i^i / \chi_i^{r_i})}{\ln \chi_i^i};$$

$$E_i = \frac{\ln(1 - R_i) - \ln(1 - R_{r_i})}{\ln(1 - R_i)} = 1 - \frac{\ln(1 - R_{r_i})}{\ln(1 - R_i)} = \frac{\ln((1 - R_i)/(1 - R_{r_i}))}{\ln(1 - R_i)}.$$

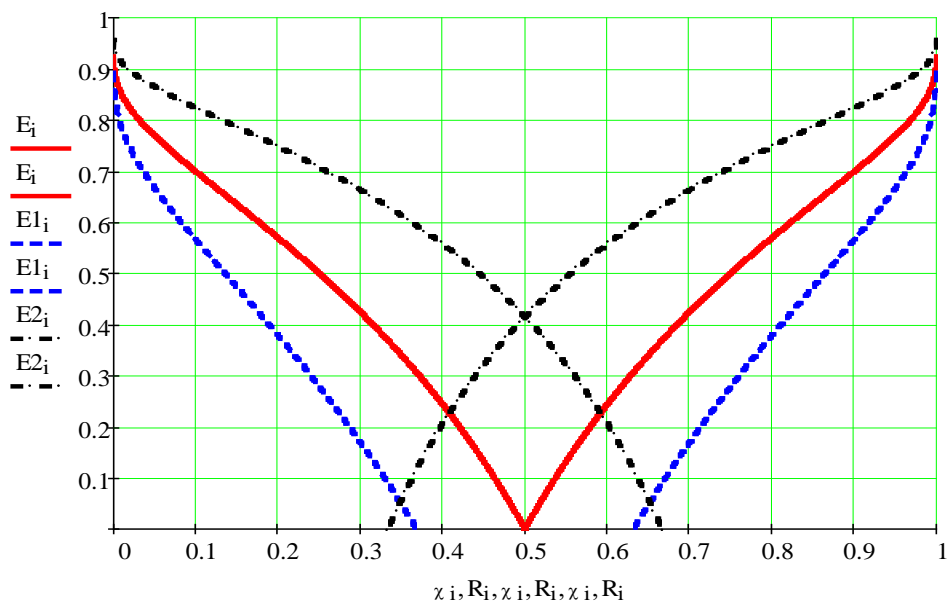


Рисунок 4 – Зависимости требуемой эффективности  $E_{v_i}$  от  $\chi_i$  и  $R_i$

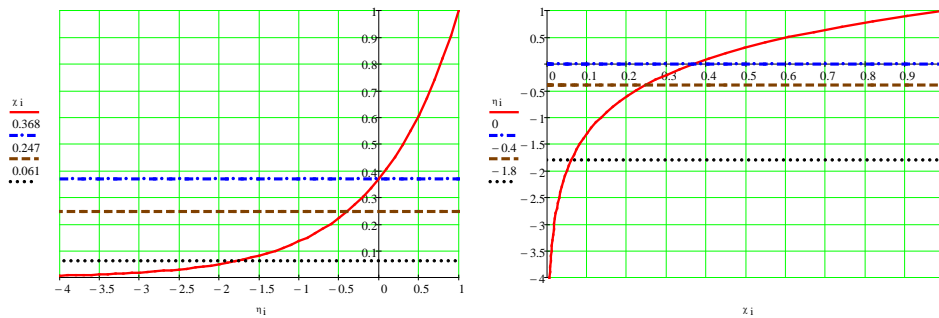
Расчёт зависимостей  $E_{v_i} = f(\chi_i)$  и  $E_{v_i} = f(R_i)$  рисунка 4 проведён по формулам (8). Сплошная линия на графике соответствует значению коэффициента  $\alpha = 0,693$ . Область определения при  $\alpha = 0,693$  функции  $E_{v_i} = f(\chi_i)$  соответствует интервалу  $\chi_i \in (0; 0,5]$ , а функции  $E_{v_i} = f(R_i)$  – интервалу  $R_i \in (0,5; 1]$ .

Графики, показанные пунктирной линией, рассчитаны для  $\alpha = 1$ . Области определения функций  $E_{v_i} = f(\chi_i)$  и  $E_{v_i} = f(R_i)$  для этого случая задаются соответственно интервалами  $\chi_i \in (0; 0,368]$  и  $R_i \in (0,632; 1]$ .

Штрих-пунктирными линиями обозначены зависимости  $E_{v_i} = f(\chi_i)$  и  $E_{v_i} = f(R_i)$  для  $\alpha = 0,4057$ , имеющие области определения  $\chi_i \in (0; 0,667]$  и  $R_i \in (0,333; 1]$ .

Очевидное достоинство индикатора качества  $\eta_i$  состоит в его простоте, ясной интерпретации и наглядной связи с относительными концентрациями  $\delta_i$  [6 – 8], что упрощает анализ состояния объектов по компонентным портретам и ускоряет процесс принятия решений при управлении. Кроме того, превышение предельно-допустимых значений для  $\eta_i$  соответствует отрицательным значениям, что позволяет легко и наглядно фиксировать компоненты, не удовлетворяющие экологическим требованиям. Несомненное достоинство всех предлагаемых индикаторов состоит в инвариантности их области значений к виду задания предельнодопустимых значений [11 – 14].

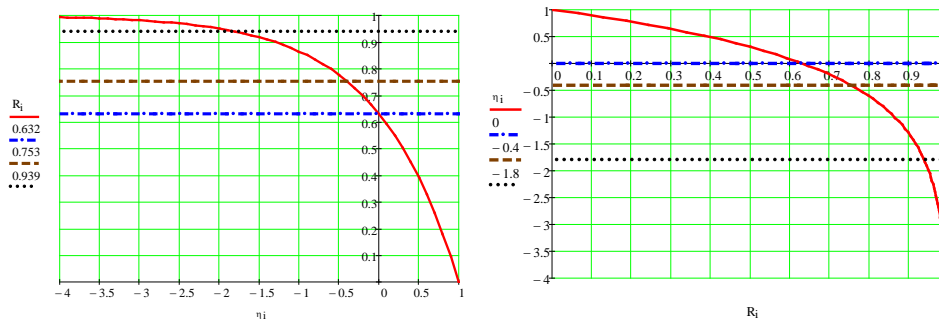
На рисунках 5,6,7 приведены графики взаимнообратных функций индикаторов с нанесёнными на них линиями уровней качества из таблицы 2.



а) б)

Рисунок 5 – Взаимобратные функции индикаторов качества ( $\alpha = 1$ ):

а)  $\chi_i = e^{\alpha(\eta_i-1)}$ ; б)  $\eta_i = 1 + \ln \chi_i / \alpha$

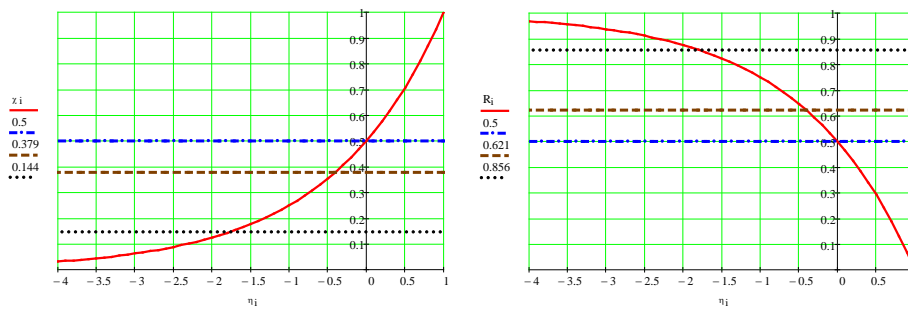


а) б)

Рисунок 6 – Взаимобратные функции индикаторов качества ( $\alpha = 1$ ):

а)  $R_i = 1 - e^{\alpha(\eta_i-1)}$ ; б)  $\eta_i = 1 + \ln(1 - R_i) / \alpha$

Приведённые графики отражают трансформацию областей значений индикаторов качества. Область значений  $\eta_i \in (-\infty, 1]$  функции качества для  $\eta_i$  при преобразовании к  $\chi_i$  и к  $R_i$  сужается до интервала  $(0, 1]$ .



а) б)

Рисунок 7 – Взаимобратные функции индикаторов качества ( $\alpha = 0,693$ ):

а)  $\chi_i = e^{\alpha(\eta_i-1)}$ ; б)  $R_i = 1 - e^{\alpha(\eta_i-1)}$

При этом бесконечно большая область отрицательных значений  $\eta_i \in (-\infty, 0]$  переходит при  $\alpha = 1$  в область значений  $\chi_i \in (0; 0,368]$  и

$R_i \in (0, 632; 1]$ , при  $\alpha = 0,693$  в область значений  $\chi_i \in (0; 0,5]$  и  $R_i \in (0,5; 1]$ , а при  $\alpha = 0,4057$  в область значений  $\chi_i \in (0; 0,667]$  и  $R_i \in (0,333; 1]$ .

Таким образом, для оценки экологического состояния окружающей среды введена система индикаторов качества  $\eta_i$ ,  $\chi_i$  и  $R_i$ , получены выражения для их вычисления (1) – (3), проведён анализ возможностей применения ИК на примере оценки экологического состояния атмосферы г. Пенза (табл. 1). Экологическое состояние многокомпонентных объектов определяется для каждого введённого индикатора усреднённым индексом по пяти компонентам. Для усреднённых ИК найдены соответствующие принятым категориям загрязнения уровни качества атмосферы (табл. 2). Предложена и проиллюстрирована методика построения компонентных портретов экологического состояния, состоящая в представлении экологического состояния объекта в едином пространстве ИК с отражением областей экологического совершенства, позволяющая проводить комплексный анализ и оценивать относительный запас степени экологической безопасности. Введённая система индикаторов и разработанные компонентные портреты обеспечивают однозначную оценку экологических свойств разнородных объектов и являются эффективным средством повышения наглядности представления и оценивания информации об экологической безопасности многокомпонентных систем, действенным средством повышения оперативности принятия решений: расширяют возможности исследования экологических систем и позволяют проводить комплексный анализ окружающей среды и производственных объектов без трудоёмких расчётов в едином пространстве экологического качества для неоднородных групп показателей.

#### **Список литературы**

1. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Концепция построения интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2009. – №5(2). – С. 527–530.
2. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Программная платформа для построения интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2009. – Т.11. – № 5-2. – С. 531-536.
3. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Интегрированный электромеханический комплекс // *В мире научных открытий*. – 2010. – № 4-8. – С. 27-30.
4. Прошин Д.И. Подготовка высококвалифицированных кадров для предприятий машиностроения по вектору знаний // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2011. – Т. 13. № 1 – 3. – С. 727 – 731.
5. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д., Сюлин П.В. Управление образовательным процессом подготовки кадров для машиностроения по вектору знаний // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2012. – Т. 14. № 1(2). – С. 705 – 708.
6. Прошин И.А., Сюлин П.В., Таранцев К.В. Системная организация научных исследований экосистем // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2012. – № 02(06). – С. 166–170.
7. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Структурно-параметрический синтез математических моделей объектов исследования по экспериментальным данным // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия “Морская техника и технология”*. – 2009. – №1. – С. 110–115.
8. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Построение математических моделей в задачах обработки экспериментально-статистической информации // *Известия Самарского научного центра РАН. Авиационно-космическое машиностроение*. – Самара: Самарский научный центр РАН, 2012. Т.14. – №1(2) – С. 425-428.
9. Прошин И.А., Прошина Р.Д., Сюлин П.В. Методика структурно-параметрического

- синтеза математических моделей экосистем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 09 (13). Т.1. – С. 47 – 57.*
10. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Автоматизированная обработка информации в системах управления технологическими процессами: Монография. – Пенза: ПГТА, 2012. – 380 с.
  11. Прошин И.А., Сюлин П.В. Оценка экологической безопасности многокомпонентных систем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 09 (13). Т.1. – С. 144 – 156.
  12. Прошин И.А., Сюлин П.В. Оценка качества сточных вод в пространстве вектора экологической безопасности // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – № 09 (13). Т.1. – С. 183 – 190.
  13. Прошин И.А., Сюлин П.В. Компонентный портрет экологической безопасности // Проблемы региональной экологии. – 2013. – № 6. – С. 151–154.
  14. Прошин И.А., Сюлин П.В. Методика научных исследований экосистем // Экологические системы и приборы. – 2013. – № 12. – С. 26–32.

УДК 661

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕГЕНЕРАЦИИ АЦЕТОНА В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦИНКОВОЙ СОЛИ ЦЕФАЛОСПОРИНА С

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

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

#### INVESTIGATION OF REGENERATION OF ACETONE IN PRODUCTION OF ZINC SALT OF CEPHALOSPORIN C

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

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

Рассмотрен процесс регенерации ацетона в производстве цинковой соли цефалоспорина С. Показано, что метод дробной перегонки дает возможность достаточно полно регенерировать ацетон из его отходов с выходом 93,0-95 %.

**Ключевые слова:** регенерация, ацетон, цинковая соль цефалоспорина.

The process of regeneration of acetone in the production of zinc salt of cephalosporin discussed. It is shown that the method of fractional distillation enables regenerate acetone from its waste with output 93,0-95%.

**Key words:** regeneration, acetone, zinc salt of cephalosporin

Цинковая соль цефалоспорина С является сырьем для получения 7-аминоцефалоспориновой кислоты, ключевого продукта синтеза большинства полусинтетических цефалоспоринов, имеющих большое терапевтическое значение [1-3].

В технологическом процессе получения цинковой соли цефалоспорина С ацетон используется для промывки конечного продукта и в виде 12%-ного водного раствора в качестве элюента цефалоспорина С с полисорба С-60/100. связи с этим при регенерации ацетона из отходов необходимо получить растворитель в виде фракции, пригодной для промывки цинковой соли цефалоспорина С и в виде разбавленного водного раствора с концентрацией не менее 12-15% с целью возврата данного отхода в производство.

Регенерацию проводили в виде простой ректификации ацетонсодержащих водных технологических маточников в ректификационных колоннах по схеме, представленной на рисунке 1.

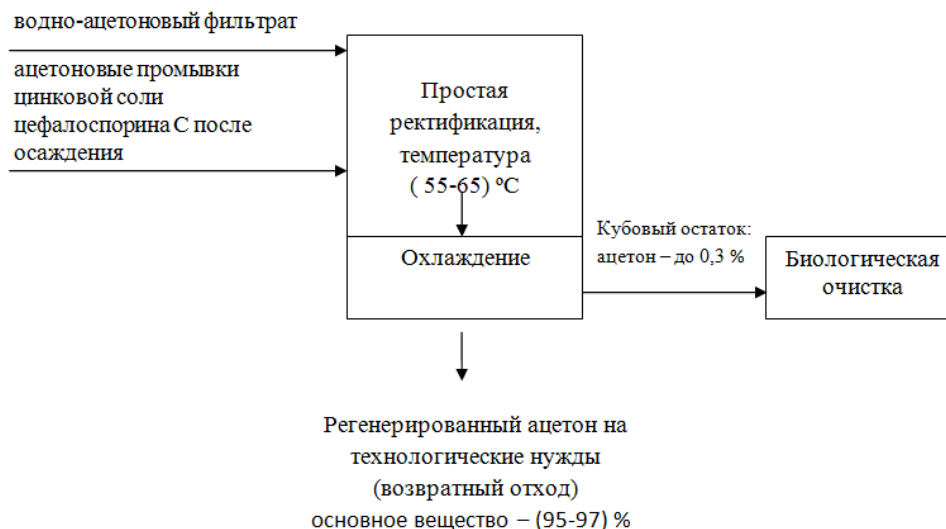


Рисунок 1 – Схема образования и регенерации ацетонсодержащих технологических стоков

Исследования по регенерации ацетона проводились на объединенных растворах отработанного ацетона, полученных в ходе технологического процесса производства цинковой соли цефалоспорина С на опытно-промышленной установке ПНИТИА:

1) водно-ацетонового фильтрата с анионита АН-80-7п, содержащего 10,0 - 14,0% ацетона;

2) ацетоновых промывок цинковой соли цефалоспорина С после осаждения, содержащих 74,0 - 77,0% ацетона.

Полученную смесь отходов с величиной рН 3,5 - 4,5 с концентрацией ацетона 12,0 - 18,0% перед перегонкой подвергали нейтрализации 20%-ным раствором едкого натра до величины рН 6,4 - 6,8. Расход раствора щелочи составил 5 - 7 мл на 1 л регенерируемой смеси.

После нейтрализации смесь нагревали до кипения и отгоняли фракции ацетона с содержанием 85,0 - 95,% и 15,83 - 42,50%. Отгонка разбавленной фракции продолжалась до исчерпывания ацетона в кубовом остатке до величины 0,052%.

Содержание ацетона и воды в исходной смеси, отгонах, кубовом остатке определялось методом газожидкостной хроматографии (ГЖХ).

Характеристики исследуемых сред и результаты экспериментов по регенерации ацетона представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики исследуемых сред

Наименование	Ед. измер	Номер операции				
		1	2	3	4	5
<b>1. Загружено</b>						
1.1. смесь отработанного фильтрата с анионита и промывного ацетона после осаждения цинковой соли цефалоспорина С, в том числе: ацетон	г	245,0	241,6	243,3	240,3	244,8
	%	12,88	16,0	16,0	17,02	13,03
1.2. Натр едкий	г	2,44	1,83	1,90	1,80	2,50
	%	20	20	20	20	20
<b>2. Характеристика регенерируемой смеси</b>						
2.1. плотность	г/см <sup>3</sup>	0,980	0,966	0,973	0,961	0,979
2.2. рН до нейтрализации	-	3,7	4,7	4,7	3,5	3,3
2.3. рН после нейтрализации	-	8,4	8,4	8,6	8,5	8,6

<b>3. Режим работы</b>						
3.1. При отборе I фракции (85-95%-ный ацетон) Температурный интервал	°C	56,5-80,0	56,5-85,0	56,5-85,0	56,5-87,0	56,5-90,0
3.2. При отборе II фракции (15,83-42,50%-ный ацетон) Температурный интервал	°C	80,0-99,5	85,0-99,5	85,0-100,05	87,0-99,0	90,0-99,5
<b>4 Получено</b>						
4.1. Ацетон I фракция, в том числе ацетон	г	15,10	33,70	35,25	39,20	26,90
	г/см <sup>3</sup>	0,795	0,80	0,770	0,817	0,801
	%	95,4	93,2	93,8	90,5	89,7
	г	14,40	31,40	33,06	35,48	24,13
4.2. Ацетон II фракция, в том числе ацетон	г	38,35	12,90	15,25	30,0	18,20
	г/см <sup>3</sup>	0,90	0,92	0,95	0,93	0,96
	%	39,08	42,50	22,10	15,83	26,20
	г	14,99	5,48	3,37	4,75	4,77
4.3. Кубовый остаток, в том числе ацетон	%	Следы	0,052	0,039	Следы	Следы
	г	-	0,10	0,074	-	-
4.4. Потери за счет испарения и неучтенные механические потери	г	2,85	1,70	2,90	2,30	3,0
<b>5. Выход ацетона</b>						
5.1. С I фракцией	%	45,87	81,23	84,92	86,70	14,95
5.2. Общий	%	93,63	95,42	93,58	94,99	90,59

Кубовый остаток со стадии регенерации ацетона характеризуется: ХПК – 7670 мг/л; БПК<sub>5</sub> – 3840 мг/л.

Состав образующегося кубового остатка позволяет, без дополнительных приемов улавливания, разбавлять его и направлять на биологические очистные сооружения предприятия.

Минимальная концентрация ацетона, пригодного для промывки цинковой соли цефалоспорина С, была найдена экспериментально (табл. 2).

Таблица 2 – Качественная характеристика цинковой соли цефалоспорина С, отмытой регенерированным ацетоном

Массовая доля регенерированного ацетона, %	Качественная характеристика отмытой соли цефалоспорина С			
	Угол вращения	Удельное поглощение	Массовая доля воды, %	Массовая доля основного вещества, %
99,0 товарный ацетон	88,3	174,04	9,50	87,0
95,0	88,3	177,60	9,75	88,5
90,0	89,8	172,30	9,25	86,4
85,0	90,6	174,80	9,75	87,2
Норма по проекту ТУ «Цефалоспорин С цинковая соль (Для получения 7-АЦК)»				
	85-95	170-181	Не более 8%	Не менее 87%

Из таблиц 1, 2 видно, что фракция ацетона с содержанием 85-95% может быть использована для отмытки цинковой соли цефалоспорина С без ухудшения качества и выхода конечного продукта, по сравнению с использованием для этой цели товарного ацетона.

Все образцы цинковой соли цефалоспорина С, отмытые товарным и регенерированным ацетоном с концентрацией последнего 95-85%, соответствуют требованиям проекта ТУ «Цефалоспорин С цинковая соль (для получения 7-аминоцефалоспоровой кислоты)».

Полученные фракции водного ацетона после соответствующего разбавления применимы для десорбции цефалоспорино С и регенерации полисорба С-60/100 в процессе получения цинковой соли цефалоспорино С.

Степень чистоты полученного по данной методике ацетона подтверждена данными газожидкостного анализа и не содержит посторонних компонентов (рис. 2).

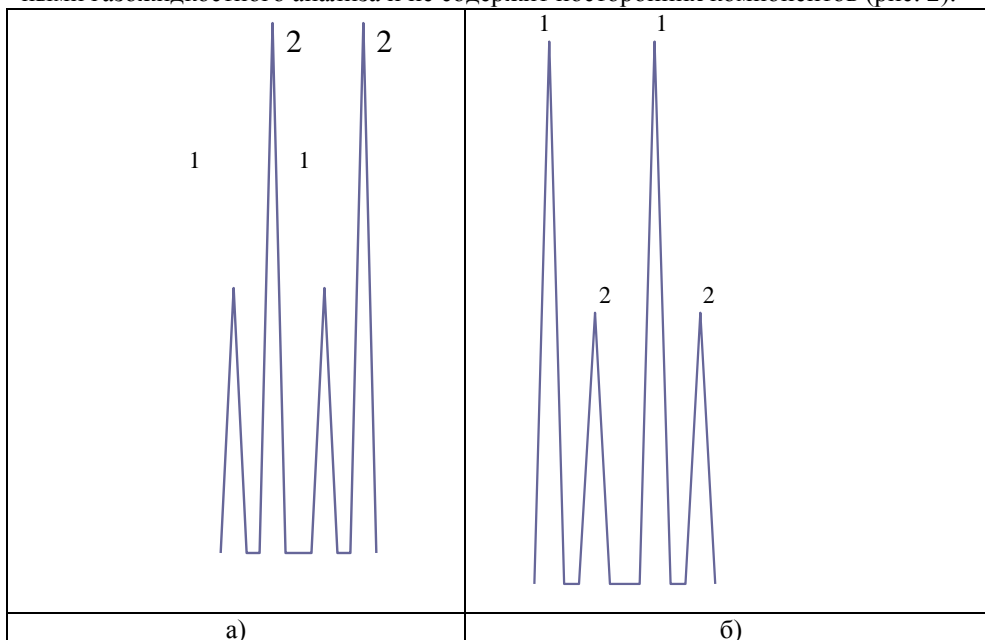


Рисунок 2 – Фракция ацетона с массовой долей 90-95% (а) и 15,83-42,50% (б) основного вещества: 1 - вода; 2 – ацетон

Таким образом, анализ полученных результатов показывает, что метод дробной перегонки дает возможность достаточно полно регенерировать ацетон из его отходов. Выход ацетона по отношению к его количеству в исходной смеси, поступающей на регенерацию, составляет 93,0-95 %.

#### **Список литературы**

1. Курочкина В.Б., Ныс П.С. Новые беталактамы структуры.// Проблемы конструирования. Антибиотики и химиотерапия. – 2002. – 47, 2. – С. 29-37.
2. Huber F.M., Chauvette R.R., Jackson B.G. Preparative methods for 7-aminoccephalosporanic acid and 6-aminopenicillanic acid // Cephalosporins and Penicillins, Chemistry and Biology. Flynn E. ed. Academic Press, New York, 1972. 27-73.
3. Таранцева К.Р., Яхкин М.И. Анализ технологий синтеза 7-АЦК и выбор оптимальной безопасной промышленной технологии. – М.: Научный мир, 2009. – 210 с.



УДК 504.05

**СПОСОБ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ГРУНТА, ЗАГРЯЗНЕННОГО  
НЕФТЕПРОДУКТАМИ, МЕТОДОМ ПИРОЛИЗА**

- © *А.Н. Расстегаев, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *В.В. Голубовский, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*
- © *К.Р. Таранцева, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*

**METHOD OF DECONTAMINATION OF SOILS CONTAMINATED  
OILS BY PYROLYSIS**

- © *A.N Rasstegaev., Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *V.V.Golubovskii, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *K.R. Tarantseva, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Предложен способ утилизации грунтов, загрязненных нефтепродуктами, методом пиролиза с камерой дожигания в установке холодной плазмы. На примере утилизации песка, загрязненного маслами, доказана эффективность и безопасность предложенного способа.

**Ключевые слова:** способ, утилизация, пиролиз, холодная плазма, песок, нефтепродукты

The method of disposal of soils contaminated by petroleum pyrolysis with an afterburner in the installation of a cold plasma was proposed. On an example of utilization of sand contaminated with oils, performance and security the proposed method was proven.

**Key words:** fashion, recycling, pyrolysis, cold plasma, sand, oil

В процессе работы предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности образуется большое количество отходов (нефтяного шлама), представляющего собой осадки механической очистки сточных вод, продукты зачистки резервуаров, пену, собранную на установках адгезионной сепарации и флотационной очистки стоков, и др. [1, 2].

Другим источником загрязнения являются автозаправочные станции транспортных средств, а также авторемонтные мастерские, где происходят как случайные разливы, так и намеренные сливы отработанного масла прямо на землю или в водоемы [1, 2].

Вторичное использование отработанных нефтепродуктов на предприятиях стройиндустрии, например, на железобетонных заводах, где они используются для смазки форм, цепей и т.п., приводят к появлению «третичных» отходов, которые уже не имеют практического применения, их нужно только утилизировать [1, 2].

Современные нефтеперерабатывающие заводы оборудуют специальными устройствами, повышающими степень переработки нефти. Собранный нефтешлам подвергается термическому воздействию, в результате которого нефть отделяется от воды и других механических примесей. Технология предусматривает обработку нефтяных шламов на движущемся твердом теплоносителе, например, гранулированном высокоглиноземистом шамоте, при температуре  $350\div 750^{\circ}\text{C}$ , при этом нефтепродукты подвергаются частичному разложению. Механические примеси и смолообразные продукты осаждаются на теплоносителе и непрерывно выводятся в сепаратор-нагреватель, где легко отделяются и улавливаются в циклоне; выделяемый в процессе газ используют для подогрева теплоносителя. Очищенные нефтепродукты отправляют на переработку, воду сбрасывают в канализацию [1, 2, 3].

Отходы, которые невозможно больше использовать, подвергаются различным способам утилизации: механическим, химическим, термическим, биологическим, комбинированным [1, 2, 3].

Одним из самых распространённых способов утилизации отходов нефтяной промышленности является их сжигание. Для этого разработаны специальные устройства, обеспечивающие безопасность этого процесса [1, 3, 5].

Наиболее распространенными установками для сжигания пастообразных и твердых горючих отходов, непригодных к утилизации, являются печи с кипящим слоем; барабанные и многоподовые печи; циклонные топки; камерные печи; печи поверхностного (надслоевого) сжигания и др. [1, 2, 3].

В данной статье рассмотрен способ утилизации грунта, загрязненного нефтепродуктами, в частности, песка, загрязненного маслами, методом пиролиза.

Пиролиз представляет собой процесс термического разложения органических соединений без доступа кислорода и происходит при относительно низких температурах, по сравнению с процессами горения. Считается, что при пиролизе органических соединений распад идет по радикально-цепному механизму. В случае пиролиза углеводородов первичной реакцией является образование свободных радикалов, например, метилового или метального, в результате разрыва углеродной связи [4, 5].

Пиролиз грунта, загрязненного нефтепродуктами, производился на опытном образце установки разложения твердых отходов, разработанной в рамках Федеральной целевой программы «Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2009 - 2014)» (рис. 1).

В термореакторе 1 размещена камера термического разложения (КТР), снабженная загрузочным устройством, толкателем и перемешивающим устройством. КТР помещена в обогревательную камеру, в нижней части которой установлены горелка разогрева и колосниковая решетка для дожига коксового остатка. Стенки обогревательной камеры теплоизолированы шамотно-волокнистыми плитами, а низ топки выложен из шамотного кирпича.

В торцевой части обогревательной камеры расположены вертикальные циклонные топки 2 с дожигателем (горелкой), где происходит дожигание содержащихся в пиролизном газе горючих веществ. Первичная очистка газа происходит в картридже катализатора 4. Для охлаждения отходящих дымовых газов в установке установлен теплообменник 5. Дальнейшая очистка дымовых газов осуществляется в циклоне сухой очистки 6, затем скруббере 7, финальная очистка производится в установке холодной плазмы 8. Вентилятор-дымосос 9 обеспечивает необходимое разрежение в КТР. Очищенный газ через дымовую трубу 10 выбрасывается в атмосферу.

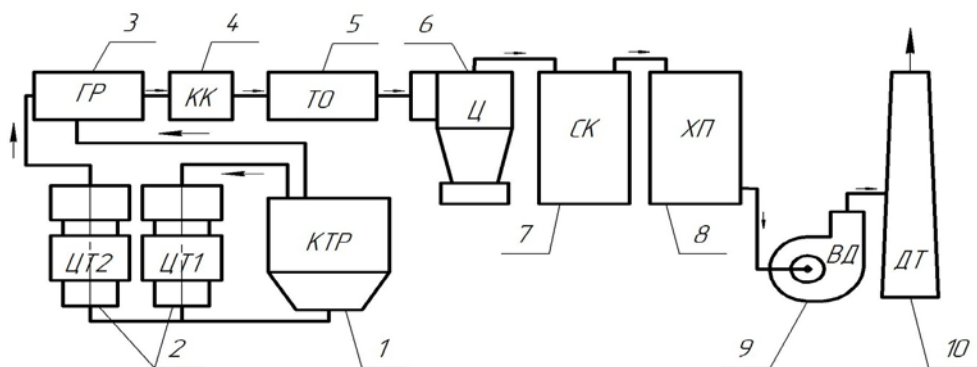


Рисунок 1 – Схема установки: 1 -термореактор; 2 – циклонные топки; 3 – газораспределитель; 4 – картридж катализатора; 5 – теплообменник; 6 – циклон сухой очистки; 7 – скруббер; 8 – установка холодной плазмы; 9 – вентилятор-дымосос; 10 – дымовая труба

Исходным веществом для проведения испытания был песок, загрязненный отработанным маслом, в соотношении 80% песка, 20% масла. Машинное масло порциями добавлялось в песок и перемешивалось до равномерного распределения компонентов.

Определение массы твердых отходов выполняли методом взвешивания на платформенных электронных весах ВСП4-500А.

Процесс пиролиза проводили в камере термического разложения при температуре 670 °С, в течение 30 минут.

Анализ отходящих дымовых газов производился газоанализатором ГАНК-4 с кассетами. Результаты анализа химического состава отходящих газов от переработки песка, загрязненного маслами, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав отходящих газов с установки

Наименование вредного вещества	ПДК рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	ПДК населенных пунктов, мг/м <sup>3</sup>	Диапазоны измерений массовой концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	Результат измерений массовой концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub> (азота диоксид)	2	0,04	0,02 - 40	0,004
NO (азота оксид)	5	0,06	0,03 - 100	<0,03
SO <sub>2</sub> (диоксид серы)	10	0,05	0,025 - 200	0,01
CO (оксид углерода)	20	3	1 - 400	0,1
HCl (хлороводород)	5	0,1	0,05 - 100	0,006

Результаты обследования (табл. 1) показали, что концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны не превышает значения ПДК рабочей зоны и населенных пунктов.

Исследования экологической безопасности коксозольного остатка проводилась биологическим методом на дафниях (*Daphnia magna* Straus), пресноводных водорослях (*Scenedesmus quadricauda*) по изменению интенсивности бактериальной люминесценции (тест-система «Эколюм») в соответствии с требованиями, изложенными в нормативных документах:

– «Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний». Федеральный реестр (ФР) ФР 1.39.2007.03222;

– «Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей». Федеральный реестр (ФР) ФР.1.39.2007.03223.

– «Методика определения интегральной токсичности поверхностных, в том числе морских, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных экстрактов почв, отходов, осадков сточных вод по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой «Эколюм». ПНД ФТ 14.1:2:3:4.11-04 Т 16.1:2.3:3.8-04 (издание 2010 г.).

Закключение биологической экспертизы показало, что продукт пиролизной переработки песка, загрязненного маслами, как промышленный отход в соответствии с приказом МПР №511 от 15 июня 2001 г., относится к 4 классу опасности (малоопасные, БКР – менее 100) для окружающей природной среды.

Таким образом, разработанная установка может быть использована для утилизации и переработки грунтов, загрязненных нефтепродуктами.

#### **Список литературы**

1. Гонопольский А.М. *Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Инженерная защита окружающих территорий мегаполиса: Учебное пособие.* – М.: МГУИЭ, 2004. – 368 с.
2. Гонопольский А.М. *Обезвреживание твердых органических отходов. Учебное пособие / А.М. Гонопольский, В.Е. Мурашов.* – М.: МГУИЭ, 2012. – 422 с.
3. Тимонин А.С. *Инженерно-экологический справочник. Т.3.* – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 1024 с.
4. Янковой Д.С. *Термическая деструкция отходов, Д.С. Янковой, К.В. Ладыгин, С.И. Стомпель, В.А. Буков, О.М. Епинина // Экология производства.* – 2013. – № 12. – С. 38-41.
5. Бернадина М.Н., Шурыгин А.П. *Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов.* – М.: Химия, 1990.

УДК: 504

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ  
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ**

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

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

© *Ю.О. Логвин, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*

© *С.Г. Логвин, Пензенский государственный технологический университет  
(г. Пенза, Россия)*

**PROGNOSTICATION OF MULTIPARAMETRIC DEPENDENCES ON THE BASIS  
OF THE THEORY OF PLANNING THE EXPERIMENTS**

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

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

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

© *S.G. Logvin, Penza State Technological Academy (Penza, Russia)*

Статья посвящена влиянию питтинговой коррозии водопроводного транспорта на качество воды и прогнозированию коррозионного процесса на основе теории планирования эксперимента.

**Ключевые слова:** питтинговая коррозия, загрязнение водной среды, планирование эксперимента, двухфакторный эксперимент, трёхфакторный эксперимент.

Article is devoted to the influence of pitting piped transport on water quality and prediction of the corrosion process on the basis of the theory of experiment planning.

**Key words:** Pitting corrosion, water pollution, design of experiments, two-factor experiment, the three-factor experiment.

Актуальным вопросом экологии и защиты окружающей среды является ресурсосбережение, которое должно достигаться на всех этапах производства и использования ресурсов сведением к минимуму потерь при транспортировке и хранении, применении ресурса в процессе производства или непродуцированного потребления [4, 5].

Огромные материальные потери ресурс человек несет в результате коррозии трубопроводов, деталей машин, конструкций и технологического оборудования. Коррозия приводит к уменьшению надежности работы оборудования, к простоям производства из-за замены вышедшего из строя оборудования, к потерям сырья и продукции (утечка нефти, газов, воды), к энергетическим затратам на преодоление дополнительных сопротивлений, вызванных уменьшением проходных сечений трубопроводов из-за отложения ржавчины и других продуктов коррозии. Коррозия также приводит к загрязнению продукции, а значит, и к снижению ее качества.

Исследование коррозионных процессов всегда подразумевает учёт воздействия нескольких факторов. При большом числе исследуемых факторов вместо полного факторного эксперимента используют дробный факторный эксперимент, при котором потребное число испытаний в несколько раз меньше, чем при полном факторном эксперименте. Некоторыми взаимодействиями пренебрегают, это ведет к определенному риску, и поэтому вопрос о том, какими эффектами взаимодействия можно пренебречь, решают до постановки эксперимента по дробным репликам.

Варьируют один, реже два фактора, остальные фиксируют на определенном уровне, поддерживая их постоянными в течение всего эксперимента. 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  $(x_{i\min}; x_{i\max})$ . В качестве основного уровня выбирают координаты точки, в которой существуют типичные условия протекания изучаемого процесса. Отклонение от основного уровня берется симметричны-

ми, что позволяет привести все значения факторов к кодированному виду по формуле

$$X_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i},$$

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

При таком кодировании значения  $x_i$  будут равны  $\pm 1$ , а все возможные варианты двухфакторного эксперимента будут исчерпаны в четырех опытах, трехфакторного – в восьми.

Такая матрица плана эксперимента обладает свойствами симметричности, нормировки и ортогональности и позволяет получить как чисто линейную модель, так и

модель вида  $y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n a_{ij} x_i x_j + \dots + a_{12\dots n} x_1 x_2 \dots x_n$ , содержа-

щую и линейные члены, и взаимодействия различного порядка.

Получают модель, в которой взаимное влияние факторов учитывается столбцом  $x_1 x_2$  (при трехфакторном эксперименте – столбцами  $x_1 x_2$ ,  $x_1 x_3$ ,  $x_2 x_3$ ,  $x_1 x_2 x_3$ ). Члены каждого такого столбца принимают значения либо +1, либо –1, определяемые знаками перемножаемых столбцов.

Наиболее часто встречающимся видом коррозии является питтинговая коррозия. Статистика исследований питтинговой коррозии свидетельствует о том, что какое-либо свойство этой коррозии обычно исследуется в виде функции одного, реже двух варьируемых факторов при фиксированных значениях остальных. В лабораторных условиях, возможно организовать эксперимент с длительным наблюдением и измерением интересующего исследователя отклика как функции трех и даже четырех переменных факторов на опытных образцах. В реальных условиях эксплуатации натуральных объектов такой эксперимент провести практически невозможно. Кроме того, некоторые факторы в реальных условиях эксплуатации изделия либо изменяются пренебрежимо мало, либо оказывают незначительное влияние на исследуемые параметры.

Большая продолжительность испытания от зарождения питтингов, которое происходит в течение первой минуты после помещения образца в раствор электролита, до получения полной информации о развитии питтингов и изменении исследуемых факторов, может быть сокращена до нескольких суток или даже часов, если испытывать образец из подходящего материала, легко поддающегося питтинговой коррозии. Получаемые при этом данные позволяют определить основные характеристики процесса питтингообразования, которые с приемлемой точностью его характеризуют. Это позволяет сравнительно легко варьировать несколько факторов одновременно, отсеять те из них, что почти или совсем не повлияли на результаты испытаний, включить в эксперимент другие и получить в итоге экспериментальную зависимость исследуемого параметра от существенно влияющих факторов.

Многочисленные исследования, посвященные изучению процессов возникновения и развития питтинговой коррозии, позволили накопить определенный экспериментальный материал и выявить ряд закономерностей и зависимостей, позволяющих оценивать влияние отдельных факторов на зарождение, развитие и механизм роста выживших питтингов.

Определим потенциал образования солевой пленки как функции нескольких переменных: температуры  $T$ , агрессивности среды  $C_{An}^-$  и ее кислотности  $pH$ , потенциала  $E$ , скорости движения среды  $V$ , времени коррозионного процесса  $t$  и пр.:

$$y = f(E, T, pH, C_{An}^-, V, t). \quad (3)$$

Поскольку представленные в выражении (3) факторы влияют на исследуемую функцию нелинейно, что следует из результатов исследований различных авторов, то аналитическое выражение для оценки глубины питтинга представим в виде полинома

$$y(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2 + \sum_{i \neq j} b_{ij} x_i x_j, \quad (4)$$

где  $x_i$  –  $i$ -й фактор ( $E, T, \dots$ );  $b_0$  – постоянная составляющая;  $\sum b_i x_i$  – линейная часть;  $\sum b_{ii} x_i^2$  – нелинейная (квадратичная) часть;  $\sum b_{ij} x_i x_j$  – приращение функции  $y(x_1, x_2, \dots, x_n)$  за счет взаимного влияния  $i$ -го и  $j$ -го факторов [2].

Для функции одной переменной задача выбора подходящей аналитической зависимости, которая наиболее точно отражала бы искомую действительную зависимость, решается сравнительно просто: либо вид ее априори известен, либо он устанавливается нанесением опытных точек кривой на график и проведением сглаженной кривой, по виду которой выбирают подходящую зависимость – линейную, логарифмическую, параболическую и т.п. [1, 3].

Любой параметр питтинговой коррозии является следствием действия большого количества статистически значимо влияющих факторов, его можно считать распределенным по нормальному закону. Исследования показали, что регрессионная модель любого параметра питтинга является достаточной по точности при учете только ее членов не выше второго порядка (4).

Рассмотрение полного факторного эксперимента, при котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов, предполагает, что одни независимые переменные варьируются, другие поддерживаются на постоянном уровне. Мы рассматриваем центральный план эксперимента. Зададим область планирования эксперимента с помощью неравенств  $-1 \leq x_i \leq 1, \quad i = \overline{1, n}$ , что облегчает составление матрицы планирования эксперимента  $F$ , расчет информационной матрицы  $F'F$  и дальнейшую обработку статистического материала. Выбор критерия оптимальности плана эксперимента производим исходя из определения функции отклика – потенциала образования солевой пленки на образцах легированной стали 12X18H10T – при варьировании температуры, концентрации и скорости перемешивания раствора электролита.

Рассчитаем модель двухфакторного эксперимента  $y = f(T, C)$  при фиксированном значении скорости вращения диска  $\omega = 50 \text{ с}^{-1}$ .

Для удобства обработки результатов эксперимента будем полагать  $x_1 = T, \quad x_2 = C, \quad x_3 = \omega$ .

Матрица планирования двухфакторного эксперимента представлена таблицей 2.

Таблица 2 – Матрица планирования двухфакторного эксперимента

№ опыта	$x_0$	План ПФЭ			Отклики			
		$x_1$	$x_2$	$x_1 x_2$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$\bar{y}$
1	1	-1	-1	1	-0,142	-0,146	-0,144	-0,144
2	1	-1	1	-1	-0,126	-0,127	-0,123	-0,1253
3	1	1	-1	-1	-0,075	-0,072	-0,068	-0,0717
4	1	1	1	1	-0,060	-0,059	-0,061	-0,060

Матрица планирования  $F$  и транспонированная матрица  $F^T$  имеют вид

$$F = \begin{vmatrix} 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}; F^T = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix},$$

их произведение  $F^T F = 4E_4$ , следовательно,  $(F^T F)^{-1} = \frac{1}{4}E_4$ , тогда

матрица коэффициентов регрессионной модели  $y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_{12}x_1x_2$

определится выражением  $A = (F^T F)^{-1} F^T Y = \frac{1}{4}E_4 F^T Y$ , где  $Y$  – матрица от-

кликов. Вычисляем матрицу  $A$ :

$$A = \begin{vmatrix} -0,1003 \\ 0,0344 \\ 0,0076 \\ -0,0018 \end{vmatrix}$$

Получаем  $y = -0,1003 + 0,0344x_1 + 0,0076x_2 - 0,0018x_1x_2$ .

Проверкой подстановкой  $x_1$  и  $x_2$  убеждаемся в полном соответствии рассчитанных значений  $y$  со средними значениями функции отклика в узловых точках.

Матрица планирования трехфакторного эксперимента представлена в таблице

3.

Уравнение регрессии имеет вид

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_{12}x_1x_2 + a_{13}x_1x_3 + a_{23}x_2x_3 + a_{123}x_1x_2x_3$$

(5)

Матрица планирования и транспонированная матрица имеют вид:

$$F = \begin{vmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{vmatrix} F^T = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

Таблица 3 – Матрица трехфакторного эксперимента

№ опыта	План ПФЭ								Отклики, $y \cdot 10^3$			
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$\bar{y}$
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	135	-130	128	-131
2	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	148	-151	147	148,7
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	108	-112	110	-110
4	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	124	-127	125	125,3
5	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-71	-75	-67	-71
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	-74	-76	-70	-73,3
7	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	-62	-60	-58	-60
8	1	1	1	1	1	1	1	1	-56	-58	-57	-57

Рассчитываем матрицу коэффициентов  $A$  уравнения регрессии:

$$A = \frac{1}{8} F^T Y = \begin{pmatrix} -0,0970 \\ 0,0317 \\ 0,0090 \\ -0,0040 \\ -0,0021 \\ 0,0042 \\ 0,0010 \\ 0,0004 \end{pmatrix}$$

Подставив рассчитанные значения коэффициентов в уравнение (6), получим

$$y = -0,0970 + 0,0317x_1 + 0,0090x_2 - 0,0040x_3 - 0,0021x_1x_2 + 0,0042x_1x_2 + 0,0010x_2x_3 + 0,0004x_1x_2x_3. \quad (7)$$

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 точке  $x^i$  определено по формуле  $\bar{y}^i = \frac{1}{3}(y^{i1} + y^{i2} + y^{i3})$ .

Отклик  $y$  является частным значением случайной величины  $Y$  (обозначим ее  $\hat{y}$  и назовем оценкой отклика), а коэффициенты модели  $-0,0970; 0,0317; \dots; 0,0004$  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 несмещенности и эффективности, т.е. общим требованиям, предъявляемым к статистическим оценкам. В случае невырожденности информационной матрицы ( $F^T F \neq 0$ ) это условие выполняется.

Показателем точности оценки  $\hat{a}^i$  является  $\sigma_i^2$ , а величины  $\hat{y}$  – дисперсия  $\sigma_{\hat{y}}^2$ .

Результаты экспериментов представлены вектором

$$\bar{Y}^T (-0,131; -0,1487; -0,110; -0,1253; -0,071; -0,0733; -0,060; -0,057), \quad (8)$$

при этом оценка регрессионной модели получена в виде выражения (7).

Вычислим оценку дисперсии ошибок наблюдений по формуле

$$S^2 = \frac{1}{N(\nu - 1)} \sum_{j=1}^N \sum_{l=1}^{\nu} (y^{lj} - \bar{y}^j)^2 = 6,826 \cdot 10^{-6},$$

$$S = 0,00261.$$

Задавшись уровнем значимости  $\alpha = 0,05$  по  $K = N - 1 = 7$  и  $\beta = 1 - \alpha = 0,95$ , находим параметр  $t$  распределения Стьюдента:  $t = 2,365$ .

Определяем доверительный интервал

$$\varepsilon = \Delta a_i = \frac{ts}{\sqrt{N}} = 0,0022.$$

Следовательно, все коэффициенты  $a_i$  модели (7), которые не удовлетворяют условию  $|a_i| \geq \varepsilon$ , следует признать незначимыми и ими можно пренебречь. Физически это означает, что взаимное влияние факторов  $X_2$  и  $X_3$ , а также трех факторов  $X_1 X_2 X_3$ , т.е. концентрации раствора и скорости вращения диска  $\Omega$ , а также всех трех рассматриваемых факторов  $(T, C, \omega)$  является пренебрежимо малым, поэтому два последних слагаемых уравнения (7) исключаем.

Коэффициент при  $X_1 X_2$ , равный 0,0021, т.е. близкий к 0,0022, и слагаемое 0,0021  $X_1 X_2$  из выражения (7) исключать не будем, другими словами, взаимное влияние  $TC$  на  $y_{СП}$  отнесем к числу значимых. С учетом сказанного, математическую модель для оценки функции отклика далее будем рассматривать в виде

$$\hat{y} = -0,097 + 0,0317x_1 + 0,009x_2 - 0,004x_3 - 0,0021x_1x_2 + 0,0042x_1x_3. \quad (9)$$

Для проверки адекватности модели экспериментальным данным рассчитаем дисперсию  $S_{ад}^2$  по формуле

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_j (y_j^p - y_j^э)^2}{N - \nu + 1}, \quad j = \overline{1, N}, \quad (10)$$

где  $y_j^p$  – среднее значение отклика в  $j$ -м опыте, рассчитанное по уравнению модели (9);  $y_j^э$  – значение отклика в том же опыте, полученное экспериментально.

Значения  $y_j^p$  определены по формуле (9) путем подстановки в нее значений  $x_i$  из матрицы планирования эксперимента.

Получаем

$$y_1^p = -0,1352;$$

$$y_2^p = -0,1480; \quad y_3^p = -0,1094; \quad y_4^p = -0,1258;$$

$$y_5^p = -0,0724; \quad y_6^p = -0,0720; \quad y_7^p = -0,0586; \quad y_8^p = -0,0582.$$

Так как  $N - \nu + 1 = 6$ , получаем  $S_{ад}^2 = 4,54 \cdot 10^{-6}$

Вычисляем  $F$  – критерий Фишера:  $F = 1,50$ .

Табличное значение критерия Фишера находим при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  и числа степеней свободы

$$K_1 = N(\nu - 1) = 16; \quad K_2 = N - \nu + 1 = 6,$$

где  $K_1$  – число степеней свободы большей дисперсии.

Получаем  $F_T = F(0,05; 16; 6) = 3,92$ .

$F_T > F$ , следовательно, модель (9) адекватно отображает изучаемый процесс.

В таком случае, нет необходимости учитывать квадратичные члены  $a_{ii}x_i^2$ , что дает возможность ограничиться полным факторным экспериментом типа  $2^K$ , не прибегая к ПФЭ типа  $3^K$ , и уменьшает объем вычислительных работ. Однако полученный вывод справедлив, когда значения действующих факторов ограничены значениями

$$T \in [293; 333], \quad C \in [1; 3], \quad \omega \in [25; 75].$$

Экспериментальные данные получены в более широких диапазонах изменения факторов, например  $\omega \in [10; 225] \text{ с}^{-1}$ .

Аналитическое выражение функции отклика позволяет производить оценку влияния варьирования факторов на параметры питтинговой коррозии, а также прогнозировать ее поведение в широком диапазоне возможных значений исследуемых факторов и решать другие задачи: например, определять скорость роста питтинга, и прогнозировать его глубину.

Таким образом, прогнозирование скорости роста и глубины питтингов даст возможность предусмотреть появление пробоев в водопроводной сети и произвести своевременную замену или ремонт, позволит избежать попадания в воду дополнительного загрязнения из окружающей среды, сохранить качество водопроводной воды.

#### **Список литературы**

1. Коновалов В.В., Логвина О.А. Моделирование состояния экологической системы // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2012. – № 2. – С. 159-162.
2. Крючкова О.А., Крючков Ю.О., Таранцев Е.К. Исследование параметров для функции отклика с использованием метода планирования экспериментов // Современные информационные технологии. – 2007. – № 5 (5). – С. 10-13.
3. Логвина О.А. Количественные критерии оценки состояния сложных систем // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2012. – № 2. – С. 95-102.
4. Логвина О.А., Ефремова С.Ю. Профилактика вторичного загрязнения воды / XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2013. – Т. 1. – № 09 (13). – С. 226-229.
5. Таранцева К.Р., Мызников А.О., Логвина О.А., Марынова М.А. Моделирование состава сточных вод поступающих на очистные сооружения // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2011. – № 26. – С. 677-681.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Н.И. Аканова**, д.б.н., глав. науч. сотр. лаборатории химической мелиорации почв ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
- Ю.Н. Ашинов**, д. б.н., профессор, Майкопский государственный технологический университет (г. Майкоп, Россия)
- С.И. Баулин**, д.м.н., профессор, Саратовский ГТУ им. Ю. Гагарина (г. Саратов, Россия)
- А.А. Блинохватов**, к. с.-х. н., доцент кафедры Биотехнологии и техносферной безопасности, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Д.Е. Борисков**, к. с.-х. н., доцент кафедры Биотехнологии и техносферной безопасности, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- А.Н. Бормотов**, д.т.н., профессор кафедры автоматизации и управления, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- А.Ж. Божбанов**, к.б.н., доцент кафедры «Химия, химическая технология и экология». Алматинский Технологический Университет (г. Алматы Казахстан)
- Е.А. Бухарова**, аспирант кафедры «Экология и охрана окружающей среды», Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. (г. Энгельс, Россия)
- В.Г. Васильков**, д.м.н., профессор, Пензенский институт усовершенствования врачей МЗ РФ (г. Пенза, Россия)
- Л.Е. Вельмисева**, к. с.-х. н., заведующий отделом семеноводства, ГНУ Пензенский НИИСХ Россельхозакадемии
- Е.Н. Вельмисева**, заведующий лабораторией отдела почвенно-агрохимических изысканий, ФГБУ ГЦАС «Пензенский», (г. Пенза, Россия)
- В.А. Вихрева**, д.б.н., профессор, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- А.Г. Горохова**, филиал ФБУ «ФУ БХУХО» в/ч 21222 (г. Пенза, Россия)
- В.А. Гуцина**, д. с.-х. н., профессор, заведующий кафедрой растениеводства и лесного хозяйства, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- А.А. Горячева**, к. с.-х. н., доцент кафедры Биотехнологии и техносферной безопасности, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Н.Н. Гусева**, Московский Авиационный Институт Научный Исследовательский Университет (г. Москва, Россия)
- А.Д. Грибанов**, Московский Авиационный Институт Научный Исследовательский Университет (г. Москва, Россия)
- В.В. Голубовский**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Е.Д. Двойникова**, аспирант лаборатории химической мелиорации почв ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
- И.Б. Джакупова**, магистр естествознания, ст.преподаватель кафедры «Химия, химическая технология и экология», Алматинский Технологический Университет (г. Алматы Казахстан)
- Е.П. Добрыднев**, исполнительный директор ООО «ЕвроХим –Белореченские удобрения» (г. Краснодар, Россия)
- Я.В. Докшин**, соискатель ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (г. Москва, Россия)
- Е.А. Дудкин**, аспирант кафедры "Техносферная безопасность" Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)
- Р.А. Дярькин**, аспирант кафедры биотехнологии и техносферной безопасности, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- В.О. Дунин**, аспирант, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

- В.А. Егоров**, аспирант, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Ю.А. Егорова**, к.т.н., профессор АВН филиал ФБУ «ФУ БХУХО» в/ч 21222 (г. Пенза, Россия)
- В.Н. Елизаров**, аспирант, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- А.С. Ермаков**, аспирант кафедры «Зоология и экология», Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)
- О.А. Ермаков**, к.б.н., доцент кафедры «Зоология и экология» Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)
- С.Ю. Ефремова**, д.б.н., профессор кафедры Биотехнологии и техносферной безопасности, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Н.А. Зеленов**, канд. с.-х. н., науч. сотр. ботанического сада МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва, Россия)
- Н.И. Зубрев**, к.т.н., профессор Московский Государственный университет путей сообщения (г. Москва, Россия)
- С.В. Зиновьев**, к. с.-х. н., доцент кафедры Биотехнологии и техносферной безопасности, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Т.В. Истомина**, д.т.н., профессор, зав. кафедры ИТММБС Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- А.И. Иванов**, д.б.н., профессор, заведующий кафедрой "Биология и экология", Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- Г.В. Ильина**, д.б.н., профессор кафедры биологии животных и ветеринарии, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- Т.В. Истомина**, д.т.н., профессор Московский Авиационный Институт Научный Исследовательский Университет (г. Москва, Россия)
- Т.В. Истомина**, д.т.н., профессор кафедры ИТММБС Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Б.А. Истомин**, к.т.н., доцент кафедры ИТММБС, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- А.В. Киреев**, к.т.н., докторант, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- М.К. Козлов**, Московский Авиационный Институт Научный Исследовательский Университет (г. Москва, Россия)
- Н.Ю. Келина**, д.б.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- О.А. Куликова**, ст.преподаватель, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- С.А. Карпицкая**, аспирант, Пензенский институт усовершенствования врачей МЗ РФ (г. Пенза, Россия)
- В.В. Коновалов**, д.т.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- А.А. Костычев**, к.б.н., директор филиала РЦГЭКиМ по Пензенской области ФБУ «ГосНИИЭНП» (г. Пенза, Россия)
- Н.А.Кирпичников**, д.с.-х.н., вед. науч. сотр. лаборатории химической мелиорации почв ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
- И.Ю. Крошечкина**, Московский Государственный университет путей сообщения (г. Москва, Россия)
- А.А. Кузьмин**, к.б.н., доцент кафедры биотехнологии и биосферной безопасности, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Е.Г. Куликова**, к.б.н., доцент кафедры биологии и экологии, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- А.В. Ключин**, к.т.н., профессор АВН Саратовский ГТУ им. Ю. Гагарина (г. Саратов, Россия)

- О.А. Логвина**, к.т.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Ю.О. Логвин**, магистр, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- С.Г. Логвин**, магистр, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- С.Г. Ларина**, доцент кафедры ФВ и С, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Б.А. Лёвин**, к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории экологии рыб Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (п. Борок, Россия)
- А.Н. Лиманский**, начальник отдела продаж и маркетинга ООО «Агроцентр Еврохим-Краснодар» (г.Краснодар, Россия)
- М.Ю. Локтионов**, к. с.-х. н., начальник отдела агрохимического сервиса ОАО «Минерально-химическая компания «ЕвроХим» (г.Краснодар, Россия)
- Н.Ф. Лунина**, канд. с.-х. н., доцент кафедры агрохимии Санкт-Петербургский ГАУ (г. Санкт-Петербург, Пушкин, Россия) (Пензенская область, р.п. Лунино, Россия)
- А.А. Лукьянова**, студентка, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- М.А. Мягкова**, д.б.н., профессор, зав. лабораторией "Иммунохимии", Институт физиологически активных веществ Российской академии наук (г. Москва, Россия)
- Т.Ю. Мамелина**, ст.преподаватель, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Т.Ю. Мамелина**, ст.преподаватель, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Т.Ю. Мамелина**, ст. преподаватель, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Н.В. Малыгина**, к.б.н., доцент кафедры «Сервиса и туризма», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург, Россия)
- А.А. Минкин**, аспирант, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- О.А. Мещеряков**, аспирант кафедры ИТММБС, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Р.В. Наумов**, аспирант кафедры «Зоология и экология», Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)
- Е.В. Надежкина**, д.б.н., профессор, Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)
- В.С. Никитин**, Московский Авиационный Институт Научный Исследовательский Университет (г. Москва, Россия)
- Л.Н. Ольшанская**, д.х.н., профессор кафедры «Экология и охрана окружающей среды», Энгельский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. (г. Энгельс, Россия)
- Л.М. Онищенко**, к. с.-х. н., профессор кафедры агрохимии Кубанский государственный аграрный университет (г.Краснодар, Россия)
- Н.И. Остробородова**, к. с.-х. н., доцент кафедры растениеводства и лесного хозяйства, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- С.Н. Петроченко**, к.б.н., ведущий научный сотрудник лаборатории "Иммунохимии", Институт физиологически активных веществ Российской академии наук (г. Москва, Россия)
- А.С. Паличева**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- И.А. Прошин**, д.т.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Д.И. Прошин**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Е.В. Паужолис**, аспирант, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (Пенза, Россия)

- В.В. Пикулин**, к.т.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Т.Н. Позднякова**, к.с.-х.н., доцент кафедры ИТММБС, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- С.М. Рогачева**, д.б.н., профессор Саратовский ГТУ им. Ю. Гагарина (г. Саратов, Россия)
- А.Н. Расстегаев**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- А.И. Сафронов**, д.м.н., профессор, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- С.А. Саиенкова**, к.б.н., доцент кафедры биологии и экологии, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- А.Н. Серёдкин**, к.т.н., Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- А.В. Селиванов**, зам. директора ООО «Агрофирма «Слава картофелю» (Россия, Республика Чувашия)
- Г.С. Султангазиева**, ст.преподаватель кафедры «Химия, химическая технология и экология». Алматинский Технологический Университет (г. Алматы Казахстан)
- П.В. Сюлин**, аспирант, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Д.Д. Токарев**, аспирант, Пензенский государственный университет
- К.Р. Таранцева**, д.т.н., профессор, зав.кафедры биотехнологии и техносферной безопасности, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- Е.А. Татаринцева**, к.т.н., доцент кафедры «Экология и охрана окружающей среды», Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. (г. Энгельс, Россия)
- В.П. Терюшков**, к.т.н., доцент, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (Пенза, Россия)
- М.А. Терёхин**, аспирант, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- С.В. Титов**, д.б.н., профессор кафедры «Зоология и экология», Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)
- О.В. Титоренко**, к.х.н., доцент кафедры «Экология и охрана окружающей среды», Энгельсский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО Саратовского государственного технического университета (г. Саратов, Россия)
- С.В. Тюрденева**, аспирант кафедры биотехнология и техносферная безопасность, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- А.В. Тразанов**, аспирант кафедры биотехнологии и техносферной безопасности, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- К.В. Таранцев**, профессор кафедры «Технология машиностроения», доцент, к.т.н., Пензенский государственный университет (г. Пенза, Россия)
- О.И. Уланова**, кандидат культурологи, доцент кафедры экономической теории, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)
- Л.С. Федотова**, д.с.-х. н., профессор, зав. отд агрохимии и биохимии ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха (г. Москва, Россия)
- А.С. Халиева**, аспирант кафедры «Экология и охрана окружающей среды», кандидат химических наук, Энгельсский технологический институт (филиал), Саратовского государственного технического университета (г. Саратов, Россия)
- С.Н. Чичкин**, к.с.-х.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- А.В. Чупишев**, к.т.н., старший преподаватель, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (Пенза, Россия)
- Т.А. Шарков**, магистр, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**А.А. Шмыров**, к.б.н., младший научный сотрудник лаборатории популяционной экологии Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (г. Москва, Россия)

**И.А. Шильников**, д.с.-х.н., профессор, зав. лабораторией химической мелиорации почв ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)

**А.Х. Шеуджен**, д. б. н., член-корреспондент РАСХН, заместитель директора ГНУ ВНИИ риса (г. Краснодар, Россия)

**А.В. Чупшев**, к.т.н., старший преподаватель, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия (г. Пенза, Россия)

**Д.А. Фильченков**, к.п.н., зав. кафедры ФВ и С, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**О.В. Фирсова**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**С.Н. Чичкин**, к.с.-х.н., доцент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**Э.Р. Эмурлаева**, студент, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

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

**Периодическое научное издание**

**Серия: Экология**

ISSN 2221-951X



Научный редактор С.Н. Волков  
Компьютерная верстка Н. Хлопцевой

Отпечатано с готового оригинал-макета  
в типографии «КОПИ-РИЗО»  
Пенза, ул. Московская, 74, к. 211. Тел. 56-25-09.  
e-mail: [tipograf\\_porovamg@inbox.ru](mailto:tipograf_porovamg@inbox.ru)

Сдано в производство 31.03.2014. Формат 70X108 1/16  
Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.  
Усл. печ. л. 17,7. Уч. изд. л. 16,5. Заказ № 749. Тираж 100 экз.

---

Пензенский государственный технологический университет.  
440605, Россия, г. Пенза, пр. Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11.