

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



ISSN 2221-951X

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

Периодическое научное издание

Серия: Технические науки.

Безопасность деятельности человека.

Информатика, вычислительная техника и управление

05(39)/06(40), 2017

Пенза
ПензГТУ
2017

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ

ЖУРНАЛ

«XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»:
Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос.
технол. ун-та, 2017. – №05(39)/06(40). – 203 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.

Журнал зарегистрирован как периодическое печатное
издание в Управлении Федеральной службы по надзору в
сфере связи, информационных технологий и массовых
коммуникаций по Пензенской области **ПИ № ТУ 58 – 00243**
от 27 апреля 2015 года



ISSN 2221-951X © ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический
университет, 2017

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: Engineering Sciences.

Human Activity Safety. Information Science,

Computing Devices and Controlling

05(39)/06(40), 2017

**Penza
PenzSTU
2017**

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL

JOURNAL

«XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus». Scientific periodical. – Penza: PenzSTU Publishing House, 2017. – № 05(39)/06(40). – 203 p.

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).

The journal is registered as periodic printed publication at the Department of the Federal Control Service for Communication, Information Technologies and Mass Communication in the Penza region

III № TY 58 – 00243, April, 27th, 2015



ISSN 2221-951X © Penza State Technological University, 2017

Содержание

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДНОГО, ТЕХНОГЕННОГО И БИОЛОГО-СОЦИАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА

СОКРАЩЕНИЕ РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРОМЫВОЧНЫХ ОПЕРАЦИЯХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

- © *О.С. Виноградов*, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (г. Пенза, Россия)
© *Н.А. Виноградова*, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (г. Пенза, Россия) 11

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ

- © *Ю.В. Корягин*, Пензенский государственный аграрный университет (г. Пенза, Россия)
© *Н.В. Корягина*, Пензенский государственный аграрный университет (г. Пенза, Россия)
© *С.Ю. Ефремова*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© *Е.Ю. Корягина*, Пензенский государственный аграрный университет (г. Пенза, Россия) 18

БИОТРАНСФОРМАЦИЯ СТЕРОИДОВ – ПРОГРЕССИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ

- © *А.А. Кузьмин*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© *М.А. Потапов*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)..... 23

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО И АГРОЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО АССОРТИМЕНТА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

- © *Н.И. Аканова*, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
© *В.Г. Сычев*, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
© *М.М. Визирская*, ООО «ЕвроХим ТрейдингРус» (г. Краснодар, Россия)
© *А.А. Андреев*, ООО «ЕвроХим ТрейдингРус» (г. Краснодар, Россия).... 31

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ В ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ	
© <i>С.С. Фирсов, ОУ ВО "Тверской институт экологии и права"</i> (г. Тверь, Россия)	
© <i>Ю.В. Жигарева, ФГБУ "Тверская межобластная ветеринарная лаборатория"</i> (г. Тверь, Россия)	
© <i>Н.В. Сухова, ООО "ЕвроХимТрейдинг Рус"</i> (г. Тверь, Россия).....	42
ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ-БЕЗОПАСНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ В РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ	
© <i>Н.В. Корягина, Пензенский государственный аграрный университет</i> (г. Пенза, Россия)	
© <i>Ю.В. Корягин, Пензенский государственный аграрный университет</i> (г. Пенза, Россия)	
© <i>С.Ю. Ефремова, Пензенский государственный технологический университет</i> (г. Пенза, Россия)	
© <i>Е.Ю. Корягина, Пензенский государственный аграрный университет</i> (г. Пенза, Россия).....	49
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ	
© <i>Н.И. Аканова, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова</i> (г. Москва, Россия)	
© <i>М.М. Визирская, ООО «ЕвроХим ТрейдингРус»</i> (г. Краснодар, Россия)	
© <i>А.А. Андреев, ООО «ЕвроХим ТрейдингРус»</i> (г. Краснодар, Россия)	
© <i>А.Н. Лиманский, ООО «ЕвроХим ТрейдингРус»</i> (г. Краснодар, Россия)	56
ОЦЕНКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
© <i>Е.Г. Куликова, Пензенский государственный аграрный университет</i> (г. Пенза, Россия)	
© <i>С.Ю. Ефремова, Пензенский государственный технологический университет</i> (г. Пенза, Россия).....	67
К ПРОБЛЕМЕ ОБ ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОЧИХ МЕСТ	
© <i>Е.В. Сучилкина, Пензенский государственный технологический университет</i> (г. Пенза, Россия)	76
ОЦЕНКА ИНГИБИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ АНТИОКСИДАНТОВ НА ПРОЦЕССЫ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПОРЧИ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА «ОБЛЕПИХОВОЕ МАСЛО, СУППОЗИТОРИИ РЕКТАЛЬНЫЕ 500 МГ»	
© <i>М.А. Марынова, Пензенский государственный технологический университет</i> (г. Пенза, Россия)	
© <i>Е.Е. Полунина, НОЦ ПАО «Биосинтез»</i> (г. Пенза, Россия)	
© <i>С.В. Мезина, Пензенский государственный технологический университет</i> (г. Пенза, Россия).....	81

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ, ТЕХНОГЕННЫХ ОПАСНОСТЕЙ, ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ. МЕТОДЫ, СРЕДСТВА, СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

ОЦЕНИВАНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ ТРУБОПРОВОДОВ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

- © **В.В. Рыжаков**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **М.Ю. Рудюк**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **И.М. Портнова**, АО НПП «Рубин» (г. Пенза, Россия)
- © **А.В. Герасимова**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)..... 87

ПОДБОР ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО УРОВНЯ ПРИМЕСЕЙ В СУБСТАНЦИИ ДИМЕТИЛФУМАРАТА

- © **М.А. Марынова**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **Е.Е. Полунина**, НОЦ ПАО «Биосинтез» (г. Пенза, Россия)
- © **М.Д. Ефремова**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)..... 90

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПЛЕКСНЫХ ОЦЕНОК ЭКОЛОГИЧНОСТИ ОБЪЕКТОВ, ПОЛУЧЕННЫЕ НА ОСНОВЕ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОГО ПОДХОДА

- © **В.В. Рыжаков**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **М.Ю. Рудюк**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
- © **И.М. Портнова**, АО НПП «Рубин» (г. Пенза, Россия)
- © **Л.Д. Ромашикова**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)..... 98

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ ^{90}Sr И ^{137}Cs В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ РАЙОНОВ БРЯНСКОЙ И КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

- © **П.М. Орлов**, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
- © **М.И. Лунев**, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)
- © **Н.И. Аканова**, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова (г. Москва, Россия)..... 103

**ХАРАКТЕРИСТИКИ АДСОРБЦИИ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ
МЕТАЛЛОВ НА ОРГАНОМОДИФИЦИРОВАННОМ
БЕНТОНИТЕ В ЗАДАЧЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ
СТОЧНЫХ ВОД**

- © *А.В. Косарев*, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов, Россия)
© *А.В. Кошелев*, ФГУП «ГосНИИОХТ», (г. Москва, Россия)
© *В.А. Заматырина*, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов, Россия)
© *Е.И. Тихомирова*, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов, Россия)
© *О.В. Атаманова*, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов, Россия)
© *М.В. Истрашкина*, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов, Россия)..... 111

**ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ И МЕДИЦИНСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСТРЕННЫХ И СОЦИАЛЬНО-
КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЙ**

- О НЕКОТОРЫХ АКТУАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-
ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ ВИРТУАЛЬНОЙ
КОММУНИКАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННУЮ ЭПОХУ**
© *С. Е. Ковалева*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)..... 122

**ТЕХНИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННЫЕ СОСТОЯНИЯ СОЗНАНИЯ
В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ
БЕЗОПАСНОСТИ**

- © *М.А. Антипов*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© *Б.А. Дорошин*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)..... 128

**ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ
ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

**АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ
СИГНАЛОВ, ОБНАРУЖЕНИЕ,
ИДЕНТИФИКАЦИЯ И РАСПОЗНАВАНИЕ
ОБРАЗОВ**

- ТЕХНОЛОГИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦА В ЗАДАЧАХ
АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МОБИЛЬНЫХ
УСТРОЙСТВ**
© *С.Н. Борисова*, Пензенская государственная технологический университет (г. Пенза, Россия)..... 134

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	
ИМИТАЦИЯ ТАКТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРАХ	
© <i>Ю.Г. Квятковский, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.П. Ремонтов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.С. Юранов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	141
СТРУКТУРЫ, МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ «БЛОКЧЕЙН» И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ	
© <i>С.Н. Борисова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	148
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СТРОИТЕЛЬСТВА SMARTCITIES: СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО И РОССИЙСКОГО ОПЫТА	
© <i>Л.А. Видясова, Университет ИТМО (г. Санкт-Петербург, Россия)</i>	
© <i>П.А. Качурина, Университет ИТМО (г. Санкт-Петербург, Россия)</i> ...	155
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЕЙШИХ ИНТЕРНЕТ- РЕСУРСОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА (НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ)	
© <i>Е.А. Вольникова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Ю.М. Горбачева, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	159
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК КОМПОНЕНТ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ	
© <i>И.В. Куликова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	163
РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПО ПОДБОРУ АВТОМОБИЛЯ	
© <i>Ю.Е. Усачев, Пензенский государственный технологический университет, (Россия, г. Пенза)</i>	168
МОДЕЛИ СТАТИСТИЧЕСКОГО МАШИННОГО ПЕРЕВОДА	
© <i>О.Н. Ясаревская, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	171

ИННОВАЦИОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИАГНОСТИКЕ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ	
© <i>С.Д. Морозов, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (Пенза, Россия)</i>	
© <i>А.А. Парменов, Пензенский государственный университет (Пенза, Россия)</i>	
© <i>О.А. Мартынова, Пензенский государственный университет (Пенза, Россия)</i>	176
АЛГОРИТМЫ, УСТРОЙСТВА И ЭЛЕМЕНТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ	
ВРЕМЯИМПУЛЬСНЫЙ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ	
© <i>В.А. Чулков, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Н.А. Сержантова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>М.А. Сидорова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	182
НАДЕЖНОСТЬ СХЕМ, РЕАЛИЗУЮЩИХ БУЛЕВЫ ФУНКЦИИ	
© <i>Ю.С. Гусынина, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Т.А. Шорникова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	188
НАДЕЖНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ДВУХ МОДЕЛЯХ: КЛЕТОЧНЫЕ СХЕМЫ И НЕВЕТВЯЩИЕСЯ ПРОГРАММЫ	
© <i>С.В. Колесникова, Пензенский государственный технологический университет, (г. Пенза Россия)</i>	191
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОСПРИЯТИЯ ПИЛОТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ	
© <i>И.А. Прошин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>В.Н. Прошкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	
© <i>Э.А. Магомедова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)</i>	194

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДНОГО, ТЕХНОГЕННОГО И БИОЛОГО-СОЦИАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА

УДК 338.364

СОКРАЩЕНИЕ РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЯ НА ПРОМЫВОЧНЫХ ОПЕРАЦИЯХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

© *О.С. Виноградов, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (г. Пенза, Россия)*

© *Н.А. Виноградова, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (г. Пенза, Россия)*

REDUCTION IN RESOURCE CONSUMPTION FOR WASHING OPERATIONS ELECTROPLATING

© *O.S. Vinogradov, Moscow State University of Technologies and Management.
K.G. Razumovsky (Penza, Russia)*

© *N.A. Vinogradova, Moscow State University of Technologies and Management.
K.G. Razumovsky (Penza, Russia)*

Гальваническое производство отличается значительным водопотреблением на стадии промывки деталей при нанесении металлических покрытий. Снизить расход воды и извлечь из стоков наиболее ценные компоненты можно путем грамотного подбора системы промывки, использования локальной системы очистки стоков, регенерации и рекуперации электролитов.

Ключевые слова: гальваническое производство, программа, сточные воды, металлические покрытия

Galvanic production is characterized by significant water consumption for the washing stage of parts during the application of metallic coatings. To reduce the consumption of water and remove from the effluent the most valuable components by a competent selection of the flushing system, the local system of wastewater treatment, recycling and recovery of electrolytes.

Key words: galvanic production, the program, waste water, metal coating

E-mail: fox-bbs@mail.ru; woinova53@mail.ru

В связи с введением санкций по отношению к России отечественная промышленность озаботилась вопросами замены экспортных материалов и комплектующих. Современное гальваническое производство очень часто использует импортные электролиты для нанесения металлов и сплавов. Самое интересное, что имеются отечественные разработки в этой области, однако в связи со слабым маркетингом гальваники-производители зачастую не знают об их существовании. Нужна единая, постоянно обновляющаяся база, по составам электролитам и, как ни странно, способам их экономии. При нанесении покрытий электрохимическим способом тратится огромное количество воды на промывочные операции. С промывной водой в стоки попадают ценные компоненты растворов электролитов. Этих потерь можно и нужно избежать.

Вода в гальваническом производстве используется практически на всех стадиях производства металлических покрытий.

Наибольшее количество стоков образуется на стадиях приготовления электролитов и технологических растворов, а также на промывочных операциях, которые обязательно сопровождают все операции [1].

Соответственно, уменьшить потери можно, снизив расход электролитов и используя их корректировку по основным компонентам, а также повторно используя промывные воды. Существует несколько способов сокращения водопотребления на стадиях промывки деталей. Наиболее интересны варианты с использованием ванн улавливания, которые позволяют в последствии вернуть часть «унесенных» компонентов из основной технологической ванны. Причем, используя несколько ванн улавливания можно не только в разы сократить использование «свежей» воды на промывочных операциях, но и сэкономить на корректировке и приготовлении новых электролитов.

Применение каскадной системы и струйной системы промывок также позволяет сократить водопотребление гальванической линии. В случае струйной промывки, когда вода непосредственно смывает загрязнения с детали, находящейся в подвешенном состоянии над ванной, без окунания в неё, следует отметить относительную эффективность, только если речь идет о ваннах, работающих с нагревом, т.е. лишняя вода просто испаряется при работе ванны.

Другим способом сократить водопотребление является использование нестационарных режимов электролиза, корректировка и очистка электролитов. Данные способы позволяют увеличить срок службы основного электролита, без его слива.

Рассмотрим эффективность установки ванн-уловителей. К примеру, установив одну ванну улавливания в технологическую линию с условной концентрацией компонента 40 г/л посмотрим через какое количество операций (шагов) потребуется слив этого раствора в канализацию. Учитывая, что слив воды производят на половинной концентрации, в нашем случае это произойдет на 866 шаге, когда будет достигнута концентрация около 20 г/л (рисунок 1).

На рисунке 1, C_0 – концентрация отмываемого компонента в технологической ванне, г/л; V – объем ванны улавливания, л (для нормального функционирования программы необходимо ввести объёмы во всех восьми ваннах, причём значения каждой ванны могут быть отличными); q – удельный вынос раствора, л/м²; F – площадь обрабатываемой поверхности в единицу времени, м²/ч.

А если мы в линию поставим два уловителя, то сливная концентрация не будет достигнута даже на 1000-м шаге (рисунок 2).

Таким образом, можно значительно увеличить срок службы промывной воды без снижения качества промывки деталей. Следует также учитывать, что вода из ванн-уловителей может и должна возвращаться на те основные операции, с которых она поступила в уловители.

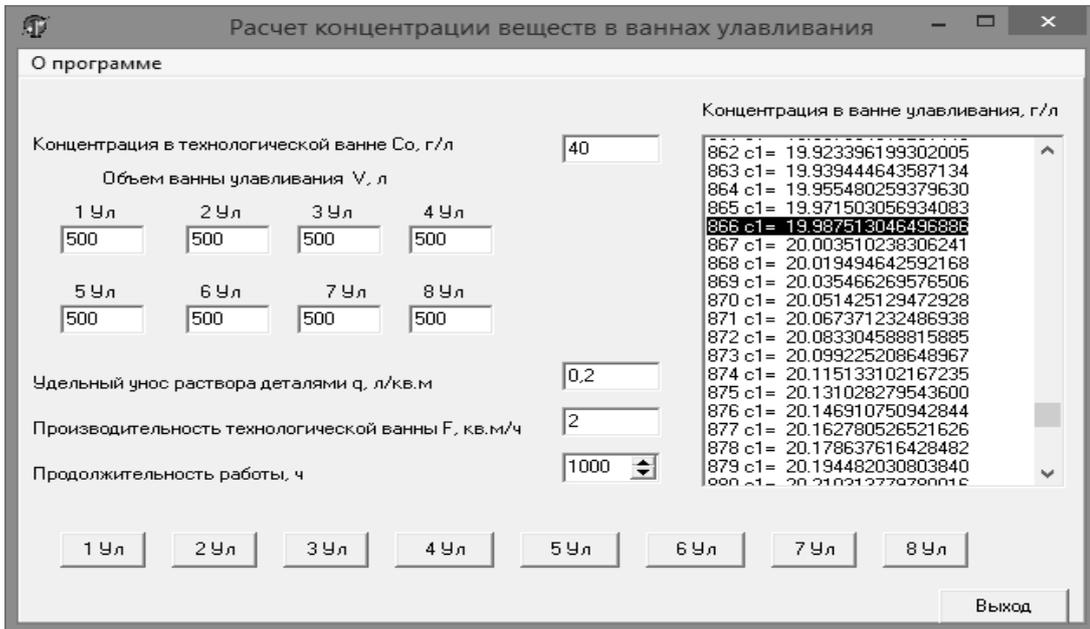


Рисунок 1 – Расчет концентрации в уловителе

Работая с каскадными ваннами промывок, когда вода сама переливается из одного отсека такой ванны в другой, также следует обратить внимание на количество каскадов и эффективность их применения. При этом существует несколько вариантов установки каскадного перелива в том числе и с доливом «свежей» воды.

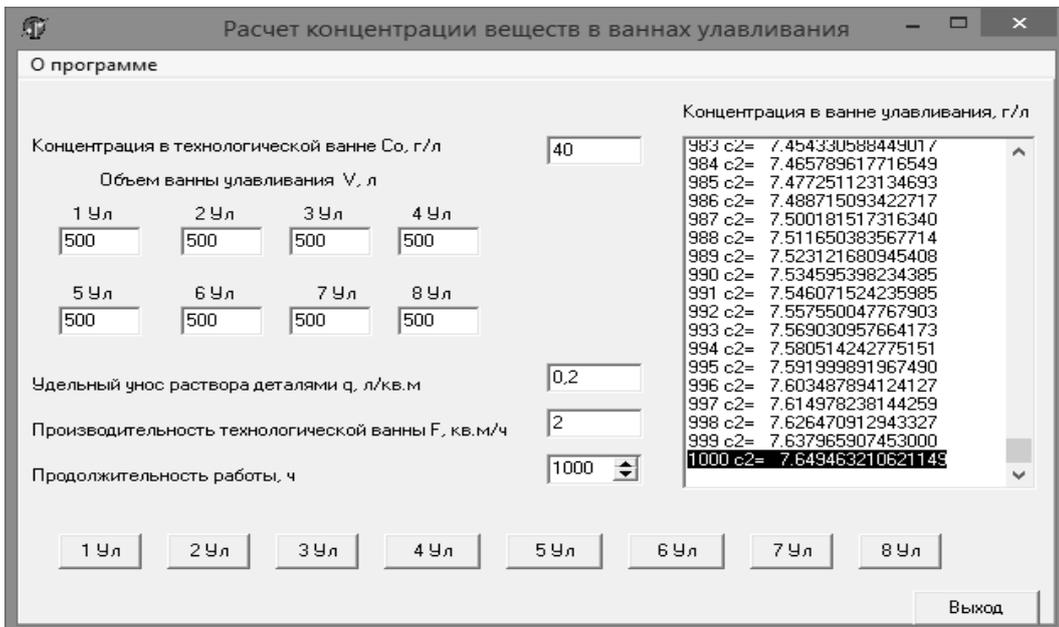


Рисунок 2 – Расчет концентрации во второй ванне улавливания

Минимальный уровень водопотребления линии определяется требуемым качеством промывки деталей, а также технологическими особенностями и экономической целесообразностью. Требуемое качество промывки характеризуется критерием промывки и определяется кратностью разбавления, колеблющейся от 180 для промывки после осветления цинковых и кадмиевых покрытий до 20000 для промывки после хромирования и анодирования.

Не следует забывать, что и просто установка нескольких ступеней промывки может также продлить срок эксплуатации гальванической линии без слива промывных вод. Но здесь вступает экономическая целесообразность установки многоступенчатой промывки. Например, при замене трёхступенчатой промывки на четырёхступенчатую экономия воды не превышает 5-8 л/м² при значительном увеличении занимаемой площади и стоимости оборудования, а также сокращении производительности линии. Следует отметить, что в ряде случаев изменение порядка прохождения операций промывок уже может привести к сокращению водопотребления [2].

Существуют основные положения и порядок выбора схем промывок для гальванических линий [3], основным моментом которых является расчёт расхода воды на промывку после каждой технологической операции. Для одной гальванической линии с учётом возможной замены технологических растворов таких расчётов необходимо произвести несколько сотен. Поэтому автоматизация расчётов расхода воды в настоящее время является актуальной задачей [4].

Для устранения ручного рутинного труда разработана программа "Расчёт расхода воды на промывку для различных схем промывки", внешний вид интерфейса которой приведён на рисунке 3, где Т – технологическая ванна; У – ванна улавливания; П – одинарная ванна промывки; 2КП – двухкаскадная ванна промывки; 3КП – трёхкаскадная ванна промывки; q – удельный унос раствора поверхностью деталей, л/м²; F – производительность линии, м²/ч; K – кратность разбавления, равная C_0/C_n ; C_0 – концентрация отмываемого компонента в технологической ванне, г/л; C_n – концентрация отмываемого компонента в последней по ходу движения деталей ступени промывки, г/л [5].

После запуска программы в соответствующие окна с помощью клавиатуры вводят исходные значения C_0 , C_n , q и F .



Рисунок 3 – Внешний вид интерфейса программы "Расчёт расхода воды на промывку для различных схем промывки"

Значения C_0 могут быть как целыми от единицы до 1500 г/л, так и могут вводиться с точностью до 0,01 г/л, значения C_n могут быть от 0,8 до 0,002 г/л, значения q могут быть от 0,8 до 0,05 л/м², значения F могут быть как целыми от единицы до 100 м²/ч, так и могут вводиться с точностью до 0,01 м²/ч. Например, $C_0 = 35,6$ г/л, $C_n = 0,015$ г/л, $q = 0,2$ л/м², $F = 1,47$ м²/ч.

После ввода основных значений программа осуществляет расчет и напротив каждой схемы промывки появятся значения количества воды, округлённые в большую сторону.

Следует учитывать, что сократить потребление воды в гальваническом производстве можно путем очистки промывных вод и возврата её в технологический процесс. К таким системам очистки можно отнести не только различные виды фильтрования и адсорбцию, но и мембранные технологии, позволяющие практически полностью очистить воду. Выбирая способ очистки воды желательно учитывать возможность вторичного использования компонентов электролита, извлеченных из промывных вод. Выбор системы очистки стоков гальванических производств является сложной задачей, ведь в настоящее время на большинстве предприятий в РФ все стоки «усредняются», т.е. объединяют сточные воды от различных технологических процессов, тем самым, разбавляя их и частично нейтрализуя. Это приводит к тому, что в стоках оказываются различные соли металлов и, в ряде случаев, разделить их не представляется возможным из-за экономической нецелесообразности.

Следует отметить, что в связи с тем, что после извлечения из стоков соли металлов могут значительно отличаться от того вида, в котором они вводятся в электролиты и технологические растворы, то имеет смысл рассмотреть альтернативное использование таких солей, вплоть до их продажи на другие предприятия или использования в других технологических процессах. Все эти условия необходимо учитывать уже на стадии выбора электролита из которого будет наноситься покрытие. Для этого нужна электронная база данных,

содержащая основные параметры и электролита и покрытия. Такая база должна быть постоянно обновляемой и удобной для использования.

Например, в такой базе, разбитой по типу покрытия и его назначению будут храниться характеристики (атрибуты) с детальной информацией об электролитах. В программе существует классификация атрибутов по двум признакам. Первый признак – тип данных. Атрибут может быть числовым (например, концентрация какого-либо элемента в растворе) или текстовым (например, цветовая характеристика получаемого покрытия). Второй признак – классификация атрибутов (обязательные или необязательные атрибуты). Обязательные атрибуты присутствуют во всех электролитах данного типа. Необязательные атрибуты свойственны не всем электролитам.

К обязательным параметрам относятся: тип и назначение покрытия, производительность, экологическая опасность, рассеивающая способность электролита, тип электролита по применяемому лиганду, концентрационная плотность тока осаждения металла по суммарной концентрации соли в электролите, концентрационная плотность тока осаждения металла по концентрации разряжающихся на катоде ионов металлов.

К необязательным параметрам относятся: ограничение концентрации особо опасных компонентов электролита (хлор-ион, цианид-ион, соли аммония, борная кислота, ион хрома (VI)) и распределение электролитов по обязательным параметрам (таблица 1).

Таблица 1 – Информационная карта

1	Тип покрытия		Цинкование	№1.1
2	Назначение		Защитное	№лит ³
3	Состав электролита и режимы осаждения			
	ZnSO4·7H2O		80-100г/л	
	NH4Cl		160-200г/л	
	Клей столярный		1-2г/л	
	pH		8,5-6,5	
	t		15-30°C	
	ik		0,8-1,5А/дм ²	
4	Тип электролита		хлораммонийный	
	Характеристики электролита			
5	h	0,3	Iсол	0,326
	P.C.	0,34	Э.О.	10,4·10 ⁶
	Im	0,059	Кэфф.	1,6
6	Ограничения компонентов электролита			
	сод. цианидов		отсутствуют	
	сод. хлоридов		не регламент.	
	сод. соли аммиака		не регламент.	
	сод. борной кислоты		отсутствуют	
сод. Cr(VI)		отсутствуют		

h – производительность электролита; P.C. – рассеивающая способность электролита; Im – концентрационная плотность тока осаждения металла по концентрации разряжающихся на катоде ионов металлов; Iсол – концентрационная плотность тока осаждения металла по общей концентрации солей

в электролите; Э.О. – экологическая опасность электролита; Кэфф. – коэффициент эффективности электролита.

Применение каскадной системы промывки, ванн улавливания, применение локальной системы очистки и регенерации электролитов могут существенно снизить водопотребление гальванического производства. Тем не менее, в ряде случаев внедрение подобных технологий имеет ряд сложностей технического и технологического характера. В настоящее время без рациональной системы очистки стоков гальваническому производству просто не выжить. Высокие затраты, связанные с внедрением современных систем очистки не всегда обоснованы, т.к. необходимо рассматривать каждое предприятие отдельно, тщательно изучив характер стоков, компонентный состав, а также желание и возможность вторичного использования воды и извлекаемых веществ. Сейчас необходима автоматизация производства уже на стадии его проектирования. Ведь знание отечественных разработок и их внедрение может помочь импортозамещению зарубежных электролитов.

Ресурсосбережение на стадии промывки заключается в создании максимально бессточного производства, при этом можно рассмотреть несколько вариантов, исходя из условий предприятия и используемых им технологий и процессов. Экономия воды и ценных компонентов электролита позволит не только сэкономить средства предприятия, но и снизить объем сточных вод, что параллельно снизит нагрузку на заводские и городские очистные сооружения и улучшит экологическую ситуацию в целом. Ведь стоки от гальванического предприятия имеют высокую концентрацию по ионам различных металлов, в том числе и довольно токсичных.

Список литературы

1. Казаков В.А., Виноградов О.С., Гуляева Н.А., Таранцева Б.Л. Снижение экологической опасности электрохимических производств // *Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского*. 2011. №25. С.579-581.
2. Казаков В.А., Виноградов О.С., Виноградова Н.А. Экономическая эффективность применения автоматизации при разработке циклограмм для гальванического производства // *Экономика и управление*. 2015. №5 (115). С.69-74.
3. Казаков В.А., Гуляева Н.А., Виноградов О.С. Методические подходы к расчету экономии водоресурсов в гальваническом производстве // *Экономика и управление*. 2010. №11 С. 69-74.
4. Казаков В.А., Виноградов О.С., Виноградова Н.А. Комплексный подход к автоматизации электрохимического производства // *Экономика и управление*. 2015. №1 (111).С.60-66.
5. Казаков В.А., Виноградов О.С., Виноградова Н.А., Таранцева Б.Л. Модернизация электрохимических производств с целью снижения экологической опасности // *XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2014. №5(21) С. 195-198.

УДК 631.95 + 633.11

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ
БИОЛОГИЧЕСКИХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ**

- © Ю.В. Корягин, Пензенский государственный аграрный университет
(г. Пенза, Россия)
- © Н.В. Корягина, Пензенский государственный аграрный университет
(г. Пенза, Россия)
- © С.Ю. Ефремова, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © Е.Ю. Корягина, Пензенский государственный аграрный университет
(г. Пенза, Россия)

**ECOLOGICAL MODERNIZATION TECHNOLOGY BIOLOGICAL
BACTERIAL PREPARATIONS**

- © J.V. Koryagin, Penza State Agrarian University (Penza, Russia)
- © N.V. Koryagina, Penza State Agrarian University (Penza, Russia)
- © S.Yu. Efremova, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © E.J. Koryagina, Penza State Agrarian University (Penza, Russia)

В производственных условиях ООО «Биофабрика» г. Кузнецка Пензенской области была проведена экологическая модернизация биологической технологии производства биологических бактериальных препаратов. В процессе проведения модернизации было установлено, элемент селен оказывает явное положительное воздействие на бактериальные клетки, увеличивая скорость их роста и развития и оптимальная концентрация селената натрия (10^{-4} г/кг), наиболее всесторонне влияющая на культуры микроорганизмов при культивировании их на различных питательных средах. Превышение титра микроорганизмов в культуральной жидкости с использованием добавки селена над контрольным вариантом достигает 70-95 %. При использовании культуральной жидкости, обогащённой селеном, при приготовлении бактериальных удобрений в них повышается концентрация клеток на 26,5 %. Добавка селена непосредственно в торф приводит к более значительному эффекту: титр препаратов составляет 50,5 % от контрольного. Стимулированные селеном культуры микроорганизмов позволяют дольше сохранять готовые бактериальные удобрения хорошего качества, а также хранить их в более широком диапазоне температур.

Ключевые слова: биологические бактериальные препараты, ризоагрин, ризоторфин, агрофил, селенат натрия, титр бактериальных клеток.

Under production conditions, LLC "Biofactory", Kuznetsk, Penza region held ecological modernization of biological production technology of biological bacterial preparations. In the process of modernization was established, the element selenium has a clear positive effect on bacterial cells, increasing their rate of growth and development, and optimum concentration of sodium selenate (10^{-4} g/kg), most comprehensively influencing the culture of microorganisms by cultivation on different nutrient media. The excess of the titer of microorganisms in the culture fluid with the use of supplements of selenium over control variant reaches 70-95 %. When using the culture liquid, enriched with selenium, in the preparation of bacterial fertilizers increases the concentration of cells by 26,5 %. Supplement of selenium directly in the peat leads to a more significant effect: the titer of drugs is 50,5 % of the control. Selenium-stimulated cultures of microorganisms allow longer storage of bacterial fertilizers of good quality, and also store them in a wider temperature range.

Key words: biological bacterial preparations, risogrin, risotorphine, agropol, sodium selenate, a titer of bacterial cells.

E-mail: bioekolog.pgsh@yandex.ru

В настоящее время в промышленной микробиологии накопилось достаточно большое число проблем, многие из которых можно успешно разрешить на основе использования селена как антистрессового фактора [1-5, 12-15].

К их числу следует отнести проблему частичной или полной утраты микроорганизмами-продуцентами хозяйственно-полезных веществ, способность к выработке целевых продуктов в процессах хранения и промышленной эксплуатации. Одной из ведущих причин этого негативного процесса являются оксидативные стрессы, порождаемые как нерегулируемым уровнем контакта с кислородом, так и являющиеся последствиями других форм стрессов. Такие ситуации имеют место в процессах периодических пересевов в целях поддержания культур при хранении, во время многоступенчатой подготовки посевного материала к ферментации, а также при интенсивной эксплуатации микроорганизмов в промышленных условиях. Целесообразно применение селена в промышленной микробиологии и для решения другой проблемы – снижения уровня спонтанного мутагенеза микроорганизмов под воздействием фоновой радиации [6-8, 10].

Особого внимания заслуживает вопрос о влиянии селена на репродукцию искусственно культивируемые клубеньковые бактерии, которые являются основным активным компонентом в производстве биологических бактериальных препаратов. Узкими местами этого производства, а также практического использования биопрепаратов являются относительно низкая скорость размножения клубеньковых бактерий и их невысокая жизнестойкость при хранении и использовании. Как и другие неспоровые микроорганизмы, клубеньковые бактерии жизнеспособны и продуктивны только в активном состоянии. Эта культура очень чувствительна к потере воды, температурному режиму, требует хорошего газообмена и достаточного (преимущественно углеводного) питания. Последнее послужило решающим обстоятельством для выбора их основного носителя – торфа. Именно эта торфяная форма препаратов является доминирующей во всём мире до сего дня. Вполне возможно, что данный выбор несколько усугубил основной недостаток биопрепаратов – относительно низкую жизнестойкость и продуктивность микроорганизмов. Содержащееся в торфе большое количество веществ фенольной природы, образовавшихся при распаде лигнина, оказывает сильное ингибирующее действие на клубеньковые бактерии [2-5, 9, 11, 18-20].

Жизнедеятельность последних может быть отчасти подавлена низким содержанием в торфе селена, а также кислым характером торфа, препятствующим абсорбции бактериями селена и других микроэлементов. Противостоять всем этим негативным факторам может либо обогащение торфа селенсодержащими соединениями, либо прямое воздействие селена на клубеньковые бактерии на стадии их размножения [1-5, 10-12, 16-18].

Основная цель данных экспериментов – изучение воздействия элемента селена на бактериальные организмы, используемые для производства бактериальных удобрений.

Эксперименты проводились в лаборатории бактериальных удобрений на базе Общества с Ограниченной Ответственностью «Биофабрика» г. Кузнецка.

Объектами исследования данной работы были различные виды бактериальных организмов, используемых для приготовления бактериальных удобрений: симбиотические азотфиксирующие бактерии (ризоагрин, ризоторфин для козлятника и гороха) и свободноживущие агробактерии (препарат – агрофил). В ходе экспериментов были использованы штаммы микроорганизмов из коллекции Общества с Ограниченной Ответственностью «Биофабрика» г. Кузнецка.

В качестве источника селена использовался селенат натрия (Na_2SeO_4), который вносился в различные фазы производственного процесса в виде раствора. Точные навески вещества взвешивались на аналитических весах, затем растворялись в 1000 мл дистиллированной воды, и методом последовательных разведений готовились концентрации 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} г/л, которые и использовались в качестве добавки в жидкую или твердую питательную среду. При приготовлении растворов использовались конические колбы, мерные цилиндры, пробирки и пипетки различного объема. Растворы селената натрия подвергались автоклавированию в течение 1,5 часа (устойчивость Na_2SeO_4 к стерилизации подтверждена более ранними исследованиями).

Раствор селената натрия вводился в разные фазы технологического процесса: в рабочие колбы, рабочие бутылки и при приготовлении препаратов, причём, в случае с жидкой культурой он вводился как перед, так и после стерилизации питательных сред, но, во всяком случае, до засева их культурой микроорганизмов. Кроме того, в эксперименте изучалось воздействие селена на микроорганизмы при добавлении его в стерильный торф.

В разные фазы процесса отбирались образцы контрольных и опытных вариантов для просмотра результатов воздействия ионов селена на бактериальные клетки под микроскопом.

На начальном этапе эксперимента было установлено, что наиболее оптимальной концентрацией ионов селена в жидкой культуре микроорганизмов является 10^{-4} г/кг. Количество бактериальных клеток здесь на 17,8-33,5 % превосходит контрольный вариант. Концентрация 10^{-2} г/кг оказалась губительной для этих организмов. Для проведения дальнейших исследований использовалась именно эта концентрация селената натрия.

Следующим этапом исследований было проведение эксперимента по воздействию ионов селена на бактериальные клетки, находящиеся в рабочих бутылках. Селенат натрия вводился в бутылки со средами перед их автоклавированием, затем они засеивались культуральной жидкостью из рабочих колб. Спустя двое суток проводили тестирование культур, которое выявило резкое повышение продуктивности бактериальных организмов под воздействием ионов селена. Так, титр культуры ризоторфин для гороха в 2,9 раза превысил контрольное значение, а агрофил – в 1,6 раза. При рассматривании под микроскопом жидкой культуры наблюдалось резкое повышение интенсивности процесса деления бактериальных клеток на варианте с применением селената натрия.

После тестирования рабочие бутылки были использованы для приготовления биологических бактериальных препаратов – ризоторфин для гороха и агрофил. В качестве контрольного варианта использовалась культуральная жидкость без селеновой добавки, в качестве опытных – с селеном (10^{-4} г/л). Кроме того, опытными вариантами были и такие, где селенат натрия вводили непосредственно в торф.

В случае с ризоторфин для гороха изучалось 2 варианта эксперимента – со стерильным и нестерильным торфом. В первом случае селен вводили в 3-х литровые бутылки непосредственно перед автоклавированием, а культуральную жидкость – после него над пламенем горелки. В обоих случаях прослеживается положительное влияние селена на титр готовых препаратов. Титр препаратов ризоторфин для гороха и агрофил на варианте с селеном в среднем за период исследования превысил таковой на контрольном варианте на 35,2 и 26,6 % соответственно.

Примечательно, что при добавлении селена непосредственно в торф он оказывал более существенное влияние, чем при использовании его для активации микроорганизмов в культуральной жидкости. Это объясняется, видимо, тем, что в первом случае обеспечивалось более сильное насыщение торфа селеном, тогда как во втором случае бактериальные клетки, несмотря на селеновый «допинг», использовали обычный субстрат и не набирали такой большой биомассы. С другой стороны, это обеспечивает очень значительную экономию селената натрия и упрощение производственного цикла.

Сравнивая серии опытов с ризоторфин для гороха и агрофил, можно увидеть такую же закономерность, что и в предыдущем опыте с жидкими культурами. Абсолютные значения титра готовых препаратов ризоторфин для гороха и агрофил на нестерильном торфе оказались значительно более высокими, чем на стерильном торфе, хотя тенденция сохраняется. Скорее всего, это связано с тем, что при автоклавировании торфа его влажность значительно снизилась либо питательные вещества под действием высокой температуры перешли в труднодоступную форму.

Спустя 4 месяца после приготовления препаратов проводилось их повторное тестирование, которое свидетельствует о том, что под воздействием селена сохранность препарата агрофил в оптимальных регламентных условиях несколько повышается. При усилении температурного стресса, т. е. хранения ризоторфин для гороха в комнатных условиях при температуре +22-25 °С с середины апреля до середины августа чётко проявляется защитная роль селена.

На контрольном варианте бактериальных клеток не было обнаружено вообще. В опытном варианте селен поддерживал концентрацию живых микробных клеток на уровне 66,2-88,8 % от регламентной (в конце срока хранения допускается значение титров культуральной жидкости должно быть в пределах 1/2 от первоначального титра).

Таким образом, добавление Na_2SeO_4 в концентрации 10^{-4} г/л позволяет существенно повысить устойчивость изучаемых биопрепаратов в период хранения.

На основании проведённых лабораторных экспериментов можно сделать следующие заключение, что элемент селен оказывает явное положительное воздействие на бактериальные клетки, увеличивая скорость их роста и развития и оптимальная концентрация селената натрия (10^{-4} г/кг), наиболее всесторонне влияющая на культуры микроорганизмов при культивировании их на различных питательных средах. Превышение титра микроорганизмов в культуральной жидкости с использованием добавки селена над контрольным вариантом достигает 70-95 %. При использовании культуральной жидкости, обогащённой селеном, при приготовлении бактериальных удобрений в них повышается концентрация клеток на 26,5 %. Добавка селена непосредственно в торф приводит к более значительному эффекту: титр препаратов составляет 50,5 % от контрольного. Стимулированные селеном культуры микроорганизмов позволяют дольше сохранять готовые бактериальные удобрения хорошего качества, а также хранить их в более широком диапазоне температур.

Список литературы

1. Блинохватов А.Ф., Иванов А.И., Корягин Ю.В., Салтанова И.А. Использование соединений селена в биотехнологии земледобрильных бактериальных препаратов / В сборнике: Селекция, семеноводство, экология. Сборник материалов научной конференции, посвященной 50-летию кафедры

- селекции и семеноводства Пензенской ГСХА и памяти академика Г.В. Гуляева. – Пенза: РИО ПГСХА, 2004. – С. 134-136.
2. Блинохватов А.Ф., Иванов А.И., Корягин Ю.В., Салтанова И.А. Новое в использовании селена в биотехнологии земледобрильных бактериальных препаратов / В сборнике: Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Под редакцией: П. А. Власова. – Пенза: РИО ПГСХА, 2003. – С. 6-8.
 3. Блинохватов А.Ф., Иванов А.И., Корягин Ю.В., Рязанов А.П., Салтанова А.И. / Влияние соединений селена на агробактерии и клубеньковые бактерии / В сборнике: Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства. Материалы Международной научно-практической конференции: в 2 томах. Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. – Пенза: РИО ПГСХА, 2002. – С. 4-5.
 4. Бирюлина Т.Н., Нышонкова К.В., Корягин Ю.В. Земледобрильные препараты и продуктивность сои // Научное обеспечение развития АПК России: Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции. – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С.5-9.
 5. Двойникова С.Д., Нышонкова К.В. Корягин Ю.В. Действие биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // Инновационные технологии в АПК: теория и практика. Сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции. – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 104-108.
 6. Двойникова С.Д., Корягина Н.В. Продуктивность яровой пшеницы в зависимости от инокуляции семян биопрепаратами // Экологические основы прогрессивных технологий. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 37-41.
 7. Девликамов М.Р., Корягин Ю.В. Обработка яровой пшеницы селенизированными биопрепаратами и микроэлементами // Земледелие. 2007. № 3. С. 42-43.
 8. Золоторева А.В., Дмитриева Ю.Н., Корягин Ю.В. Применение биопрепаратов при возделывании сои // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс». Серия: Экология. – 2011. – № 1(1). – С. 134-137.
 9. Корягина, Н.В. Оценка использования микробиологических удобрений в растениеводстве для обеспечения экологической безопасности / Н.В. Корягина, Ю.В. Корягин, С.Ю. Ефремова, Е.Ю. Корягина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2016. – № 2 (30). – С. 179-184.
 10. Корягина Н.В., Улицкая Н.Ю. Мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения // Нива Поволжья. – 2014. – № 2 (31). – С. 22-27.3.
 11. Корягина Н.В. Применение сидеральных культур и биопрепаратов при возделывании сельскохозяйственных культур // Научно-методический журнал XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Периодическое научное издание. 2011. № 01. С. 118-121.
 12. Корягин Ю.В. Корягина Н.В. Значение бактериальных препаратов и сидератов в биологизированном картофелеводстве // Нива Поволжья. 2014. № 4 (33). С. 136-142.
 13. Корягин, Ю.В. Микробиологические препараты как обеспечение экологичности аграрного производства / Ю.В. Корягин, Н.В. Корягина, С.Ю. Ефремова, Е.Ю.Корягина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. № 2(30). С. 29-34.

14. Корягин Ю.В., Корягина Н.В. Экологическое обоснование приёмов действие комплексного применения органических удобрений и биопрепаратов на продуктивность картофеля в условиях пензенской области // Научно-методический журнал XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Периодическое научное издание. Серия: Экология. 2015. № 05(27). С. 146-152.
15. Корягин Ю.В. Влияние биопрепаратов и микроэлементов на рост и развитие растений гороха // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 5. С. 26-28.
16. Лебедева Т.Б., Надежкина Е.В., Корягин Ю.В., Фомин С.В. Многолетние бобовые травы на зеленое удобрение // Земледелие . 1998. № 6. С. 12.
17. Лебедева Т.Б., Корягин Ю.В. Трансформация биомассы сидеральных культур в черноземе выщелоченном // Вестник Саратовского государственного университета им. Вавилова. 2005 № 4 С. 17-19.
18. Лебедева Т.Б., Надежкин С.М., Корягин Ю.В., Надежкина Е.В. Биологические средства повышения плодородия чернозема выщелоченного // Нива Поволжья. 2007. № 1 (2). С. 7-10.
19. Надежкин С.М., Корягина Н.В. Режим органического вещества светлосерой лесной почвы при использовании зеленого удобрения // Вестник Саратовского государственного университета им. Вавилова. – 2005. – № 5. – С. 13-14.
20. Надежкин С.М., Надежкина Е.В., Корягин Ю.В., Лебедева Т.Б., Корягина Н.В. Биологический азот в агроценозах лесостепи Среднего Поволжья / В сборнике: Эколого-экономические проблемы лесостепных регионов. Материалы выездного заседания президиума РАЕН. Российская академия естественных наук, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, Пензенский областной комитет по охране природы. – Пенза, 1997. – С. 202-212.
21. Немакин П.И., Корягина Н.В. Использование биогазуса в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Экологические основы прогрессивных технологий. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 81-86.
22. Плодородие почв и зеленое удобрение: монография / Т.Б.Лебедева, С.М. Надежкин, А.Ф. Ковлягин, Е.В. Надежкина, Ю.В. Корягин, Н.В. Корягина, Е.Н. Кузин: под ред. Т.Б. Лебедевой, С.М. Надежкина. – Москва – Пенза: Изд-во «Полиграфист», 1997. – 129 с.

УДК 663.18

**БИОТРАНСФОРМАЦИЯ СТЕРОИДОВ – ПРОГРЕССИВНОЕ
НАПРАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ**

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

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

**BIOTRANSFORMATION OF STEROIDS – THE PROGRESSIVE
DIRECTION OF MODERN BIOTECHNOLOGY**

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

© М.А. Potanov, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье рассматривается микробиологическая трансформация стероидов для промышленного синтеза стероидных лекарственных препаратов в фармакологической промышленности. Проведён анализ и сравнение с химическим синтезом стероидных гормонов; рекомендовано использование совокупности двух методов для достижения оптимального соотношения цены и качества лекарственных препаратов.

Ключевые слова: микробиологическая трансформация, биотрансформация, стероидный гормон, стероид, промышленный синтез, фармакология

In article microbiological transformation of steroids for industrial synthesis of steroid medicines in the pharmacological industry is considered. The analysis and comparison with chemical synthesis of steroid hormones is carried out; use of set of two methods for achievement of an optimum ratio of the price and quality of medicines is recommended.

Key words: microbiological transformation, biotransformation, steroid hormone, steroid, industrial synthesis, pharmacology.

E-mail: Torrentskachat@mail.ru

Современная фармакологическая промышленность активно использует биотехнологический потенциал микроорганизмов в производстве лекарственных препаратов. К таким препаратам относятся стероидные гормоны – активные вещества, регулирующие физиологические процессы организма. К ним относятся половые гормоны и кортикостероиды. Стероидные гормоны в медицине характеризуются высокой избирательностью и широким спектром своего действия, в качестве противошоковых, противовоспалительных, противоопухолевых, контрацептивных, анаболических и противораковых средств.

Все стероидные гормоны, используемые в медицине, производятся из природных стероидов. Стерины – класс стероидов, несущий гидроксильную группу в положении С – 3. Для обозначения циклического скелета молекул этого класса стероидов (циклопентанпергидрофенантрена) принята следующая нумерация. Шестичленные кольца обозначаются как «А», «В», «С», а пятичленное как «D». Стерины, открытые на данный момент, различаются друг от друга длиной боковой цепи или степенью насыщенности [1].

Без стероидов невозможны многие биохимические и физиологические процессы: образование межклеточных оболочек, мембранных систем, снижение пагубного токсического действия многих природных соединений.

Холестерин из класса зоостероидов принимает участие в росте и развитии живой клетки, является стабилизатором текучести клеточной мембраны. Он используется в качестве исходного сырья в процессах микробиологической трансформации. Первое упоминание этого животного стерина датируется 1782 г., когда он впервые был выделен из желчных камней, но лишь в 1932 г. была установлена точная структурная формула, изображенная на рисунке 1.

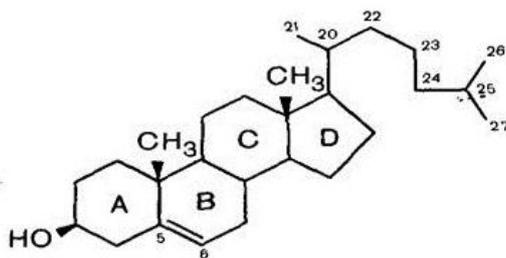


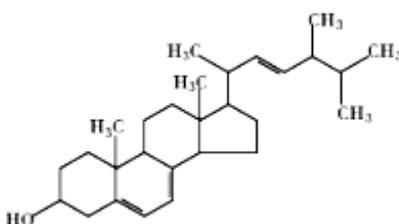
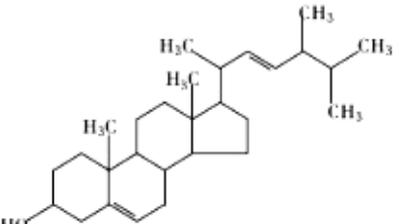
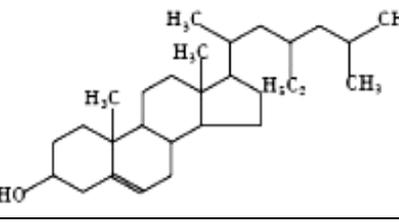
Рисунок 1 – Структурная формула холестерина

Промышленное производство стероидных гормонов из холестерина начинается с переработки спинного и головного мозга крупного рогатого скота. Одной из возможных следующих стадий превращения является прегненолон – метаболит предшественник мужских и женских половых гормонов. Перемещение двойных связей при окислении ОН групп ведет к трансформации прегненолона в прогестерон. При микробиологическом гидроксигировании прогестерона он превращается в гидрокортизон (кортизол) – стероидное средство экстренной терапии [2].

Значительно меньше в качестве субстратов используются фитостерины. Фитостерины – стеринны растений. Они служат субстратом для наработки стероидных лекарств широкого спектра действия. Отличия от холестерина заключаются в наличие или отсутствие дополнительных групп в боковой цепи [2].

Характеристики наиболее перспективных и дешевых источников сырья для получения стероидных гормонов - представителей этого класса соединений представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика фитостеринов

Название и брутто формула	Структурная формула	Отличие от холестерина	Промышленное получение
Эргостерин <i>C₂₈H₄₇OH</i>		Метильная группа в боковой цепи при С-24. Двойная связь между 22 и 23 углеродных атомах.	Переработка пекарских дрожжей с содержанием эргостерина 0.2% - 15%.
Стигмастерин <i>C₂₉H₄₈O</i>		Двойная связь между 22 и 23 углеродными атомами. Этильная группа в положении 24.	Переработка соевых бобов и сахарного тростника.
Ситостерин <i>C₂₉H₅₀O</i>		Этильная группа в положении 24.	Переработка соевого масла, тростника, зародышей пшеницы.

Для микробиологического синтеза таких лекарственных средств как преднизолон, кортизола и кортизона в качестве субстрата может использовать «вещество S Рейхштейна» - синтетический стероид, не имеющий медицинского применения. Это вещество получается с помощью модификации моноацетата

«вещество R». Ферментативное превращение «вещества R» в «вещество S Рейхштейна» показано на рисунке 2 [3].

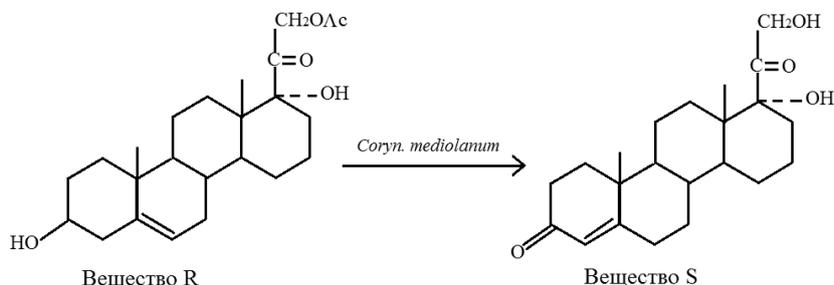


Рисунок 2 – Превращение вещества R в вещество S

Промышленный химический синтез стероидных гормонов в качестве исходного сырья, как и микробиологический, использует холестерин, и вещества, структурно схожие со стероидами, представленными в таблице 2.

Таблица 2 – Сырьё для химического синтеза стероидов

Название	Структурная формула	Описание
Диосгенин		Растительный сапонин, схожий по строению, но разный по своим свойствам со стероидами. Синтезируют из растений рода Dioscorea
Дезоксихолевая кислота		Желчная, вторичная кислота. Образуется в толстой кишке из первичных желчных кислот под действием микрофлоры.

Биотрансформация – это способность микроорганизмов изменять отдельные участки в молекулах органических веществ, превращая их в структурно родственные соединения, которые обладают свойствами ценнее, чем исходный продукт. Эти превращения могут осуществлять некоторые бактерии, а так же «низшие» и «высшие» грибы. Главная особенность биотрансформации заключается в специфичности ферментных систем микроорганизмов.

Биотрансформация была известна еще до определения структуры и состава стероидных гормонов. Например, превращения, осуществляемые биофлорой в кишечниках млекопитающих. Уже в конце XIX века ученые обнаружили, что холестерин под воздействием кишечных бактерий в пищеварительном тракте превращается в копростерин – изомер дигидрохолестерина. В начале XX века удалось полностью расщепить холестерин под влиянием *Mycobacterium* [4].

В 30-х годах прошлого века, после определения строения некоторых стероидов, предпринимались попытки использования способности микроорганизмов к биотрансформации для получения как уже известных, так и совершенно новых соединений. Важный момент, привлёкший внимание научного сообщества к изучению микробиологической трансформации, произошёл в 1948 году, когда удалось в молекулу стероида ввести гидроксильную группу с помощью микроорганизмов. Дальнейшие эксперименты в этом направлении осуществили превращение прогестерона в 11 – гидроксипрогестерон при ферментации первого с культурой плесневелого грибка *Rhizopus nigricans* [4].

Полученные результаты показали, что биотехнологический метод с единственной ферментативной стадией гидроксирования, в отличие от 20 химических реакций, имеет преимущество над химическим способом введения кислородной функции в определенное структурное положение молекулы стероидного гормона.

Субстратная специфичность некоторых микроорганизмов к стероидам позволяет проводить их биотрансформацию в более мягких условиях по сравнению с химическим синтезом и нашла своё применение в конце 20 века в промышленном производстве важных стероидов. Впервые полноценная микробиологическая трансформация стероидов была использована при получении кортизона, применяющегося при лечении ревматоидного артрита [4].

В большинстве процессов биотрансформации стероидов молекулы субстрата претерпевают незначительную перестройку, но некоторые микробы – носители активных полиферментов, способствуют многогранным изменениям структуры экзогенных органических соединений. Это позволило не только провести трудноосуществимые химическими методами реакции, но и синтезировать новые стероидные соединения. При этом следует понимать, что если в реакциях химического синтеза образуется новая молекула, то микробиологические превращения лишь изменяют структуру трансформируемого вещества.

К процессу биотрансформации относится синтез метаболита из предшественника, при котором структура продукта определяется структурной формулой исходного вещества. Частный случай такого превращения, синтез преднизолона (кортикостероид для системного применения) из гидрокортизона изображен на рис. 3 [4].

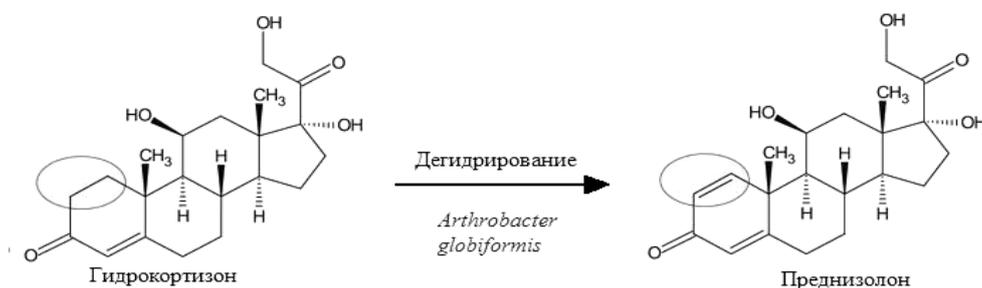


Рисунок 3 – Трансформация гидрокортизона в преднизолон

Дальнейшее развитие промышленного микробиологического синтеза преднизолона позволило снизить стоимость этого лекарственного препарата в 200 раз.

Все стерины практически не растворяются в воде. Для приготовления их водной суспензии используют малотоксичные смешивающиеся с водой растворители, например спирт или ацетон. Некоторые стерины растворяются в гептане с добавлением воды и удалении растворителя при нагревании раствора.

При всем разнообразии микробиологических трансформаций стероидов используемые методы проведения реакций очень схожи между собой. Главным условием для проведения всех стадий реакций является соблюдения стерильных условий в каждой операции. Простерилизованный ферментатор загружают питательной средой, в которую внесли трансформирующий продуцент. Стерилизацию питательной среды проводят в автоклаве при средней температуре 115°C, при освещении боксов бактерицидными лампами. Пробы отбирают в пламени газовой горелки. В ферментатор её загружают при передавливании сжатым воздухом, прошедшем очистку. В зависимости от вида микроорганизма-трансформатора время проявления его максимальной активности колеблется от нескольких часов до нескольких суток [5].

Схематическое изображение технологических процессов показано на рисунке 4.

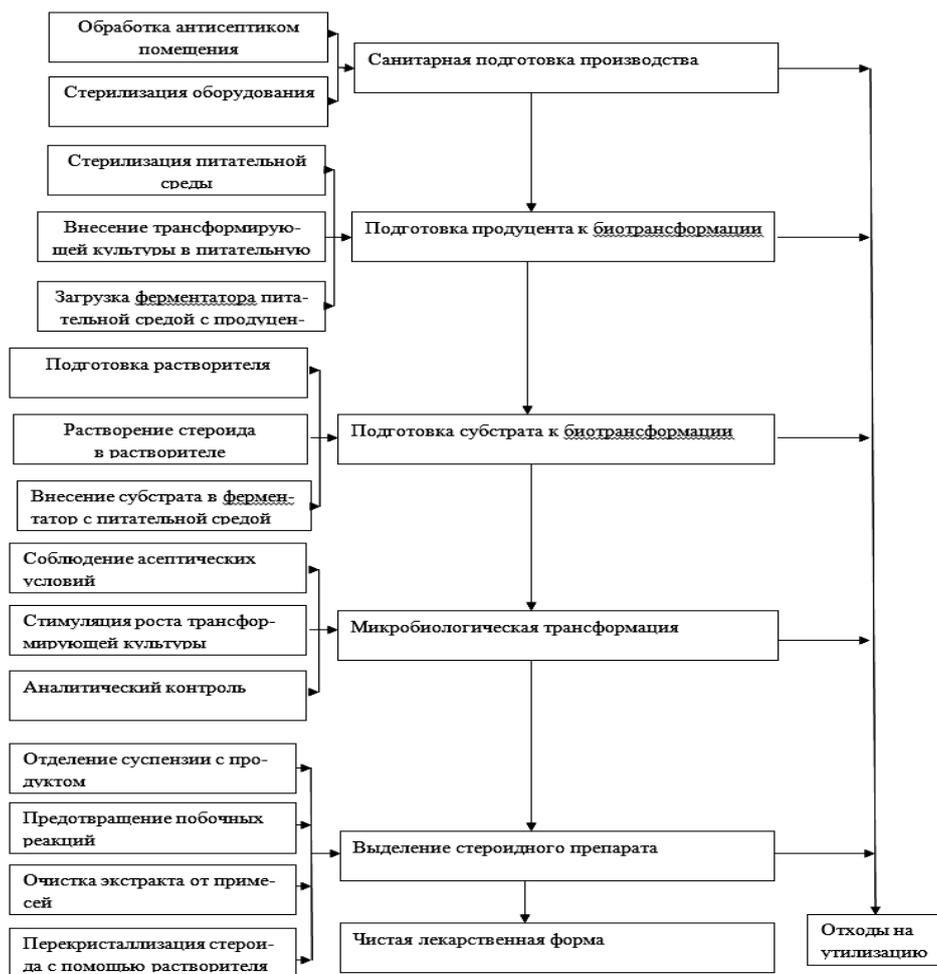
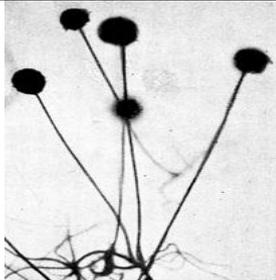
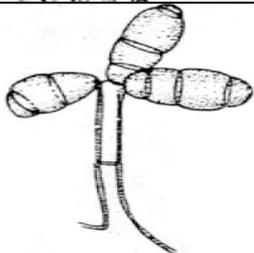
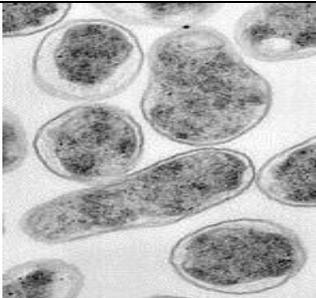
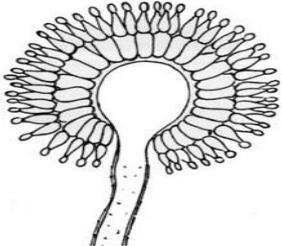


Рисунок 4 – Технологическая схема процесса промышленной микробиологической трансформации стероидов

Для проведения микробиологической трансформации используются только чистые культуры микроорганизмов, прошедшие мероприятия по предотвращению роста посторонней микрофлоры. Примеры микроорганизмов продуцентов приведены в таблице 3 [6].

Таблица 3 – Примеры микроорганизмов продуцентов

Название	Микроорганизм	Описание
<i>Rhizopus nigricans</i>		плесневелый гриб, паразитирующий на овощах и фруктах.
<i>Carvularia lunata</i>		гриб, являющийся болезнетворным для многих видов растений
<i>Mycobacterium</i>		аэробные, грамположительные и неподвижные бактерии, патогенные для млекопитающих.
<i>Aspergillus oshraceus</i>		нитевидные грибы, являющиеся основным загрязнителем еды. Вызывают патогенное воздействие на животных и людей при употреблении.

Все культуры микроорганизмов продуцентов выращиваются в стерильной среде по правилам и нормам микробного синтеза [7].

Стероидные лекарственные средства являются жизненно необходимыми препаратами. Для синтеза стероидных препаратов широко используется как микробиологическая трансформация, так и химический синтез. Объемы мировых производств, с помощью химического синтеза составляют 20 % от общего числа. Такая разница обусловлена бесполезностью химического синтеза

при получении многих востребованных стероидных препаратов из-за невозможности преобразования некоторых стероидных структур, которые легко изменяются при воздействии селективных ферментов микроорганизмов. В настоящее время с помощью химического синтеза производятся лишь те препараты, биотрансформация которых на данное время еще не открыта [7].

В отличие от химического синтеза, где в каждой стадии использовалось большое количество различных ферментов, микробиологический синтез использует один конкретный фермент, что положительно влияет на себестоимость продукта. Главный недостаток химического синтеза в том, что даже незначительная перестройка структуры стероидного гормона требовала существенных затрат. Без микробиологического синтеза массовое промышленное производство стероидных препаратов было бы невозможно.

Динамика роста производства стероидных лекарственных препаратов представлена на рисунке 4.

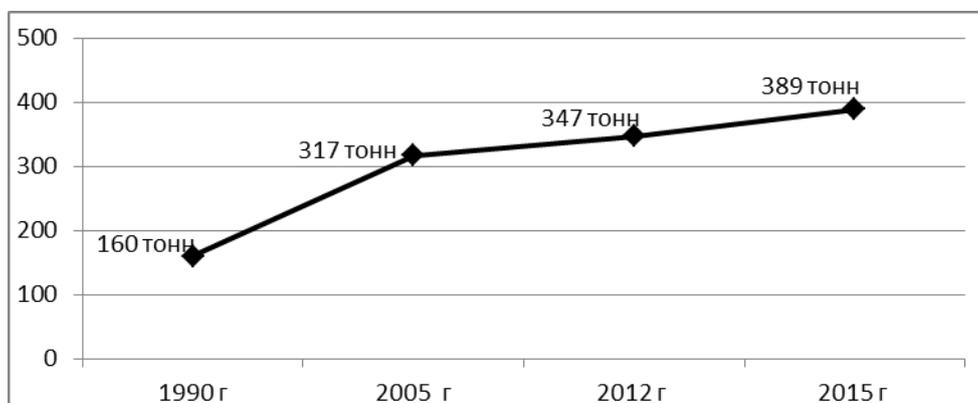


Рисунок 4 – Динамика роста производства стероидных лекарственных препаратов

Важной задачей в исследовании освещаемого вопроса является изучение причин возможной структурной перестройки исходного субстрата. По нашему мнению, таковыми являются условия синтеза для химического (ферментные системы продуцента – для микробиологического), а также от строения и свойств исходного субстрата – для обоих путей трансформации.

Сочетание процессов химического синтеза и микробиологической трансформации стероидов позволит не только усовершенствовать промышленное производство этих важных медпрепаратов, но и разработать новые вещества стероидной природы, обладающие лучшими фармакологическими свойствами.

Список литературы

1. *Масловская А.А. Биохимия гормонов: пособие для студентов педиатрического, медико-психологического, медико-диагностического факультетов и факультета иностранных учащихся / Масловская А.А. – 6-е изд. – Гродно: ГрГМУ, 2012. – 44 с.*
2. *Безбородов А.М. Биотехнология продуктов микробного синтеза. / Безбородова А.М. – ВО Агрпромиздат, 1991. – 354 с.*

3. Сазыкин Ю.О. Биотехнология: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Ю.О. Сазыкин, С.Н. Орехов, И.И. Чакалева; под ред. А.В. Катлинского. – 3-е изд., стер. – М.: «Академия», 2008. – 256 с.
4. Быкова В.А. Биотехнология лекарственных средств: учебное пособие под ред. / В.А. Быкова // М.В. Данилина. – М.: «Медбиоэкономика», 1991. – 303 с.
5. Хиггинса И. Биотехнология: принципы и применение / И. Хиггинс // под ред. Д. Беста, Дж. Джайса; пер. с англ. – М.: Мир, 1998. – 485 с.
6. Баева А.А. Биотехнология / А.А. Баева. – М.: Наука, 1984. – 432 с.
7. Елинов Н.П. Основы биотехнологии / Н.П. Елинов. – СПб: "Наука", 2005.

УДК 631.67:631.8

**РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО
И АГРОЭКОНОМИЧЕСКИ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО
АССОРТИМЕНТА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

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

© **В.Г. Сычев**, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова
(г. Москва, Россия)

© **М.М. Визирская**, ООО «ЕвроХим ТрейдингРус» (г. Краснодар, Россия)

© **А.А. Андреев**, ООО «ЕвроХим ТрейдингРус» (г. Краснодар, Россия)

**DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY SOUND
AND AGROECONOMICALLY HIGH-PERFORMANCE RANGE
OF MINERAL FERTILIZERS**

© **N. Akanova**, GNU VNII Agrochemistry named D. N. Pryanishnikov
(Moscow, Russia)

© **V. Sychev**, GNU VNII Agrochemistry named D. N. Pryanishnikov
(Moscow, Russia)

© **M. Vizirskaja**, LLC "Eurochem TrejdingRus" (Krasnodar, Russia)

© **A. Andreyev**, LLC "Eurochem TrejdingRus" (Krasnodar, Russia)

В основе разработки ассортимента NPK – минеральных комплексных удобрений АО «МКХ – Еврохим» лежат принципы: оптимизация минерального питания различных культур с учетом агрохимических, природно-климатических условий и экологической безопасности, снижение рисков загрязнения почвы, водных ресурсов и воздуха токсичными веществами. Рациональный и научно-обоснованный выбор удобрения определяет интенсивность и направленность биохимических процессов, обеспечивает получение максимального урожая и высокого качества продукции. Это актуально при возделывании картофеля и сахарной свеклы. В работе приведены результаты исследования эффективности нитроаммофоски – универсального высокоэффективного минерального удобрения, с соотношением основных элементов питания N:P:K =14-14-23 для различных типов почв. Высокая суммарная концентрация действующих веществ нитроаммофоски обеспечивает значительную прибавку урожая, делает использование трехкомпонентного удобрения удобным и экономически выгодным, т.к. отпадает необходимость внесения дополнительных удобрений и экологически безопасной.

Ключевые слова: картофель, сахарная свекла, минеральные удобрения, нитроаммофоска, качество продукции, почва, азот, фосфор, ингибиторы нитрификации, потери азота, урожайность.

The development of a range of npk-mineral complex fertilizers of jsc "hic-eurochem principles: optimization of mineral nutrition of various cultures, taking into account agricultural, climatic conditions and ecological safety, reducing risks of pollution of soil, water and air with toxic substances. Rational

and scientifically-informed choice fertilizer defines the intensity and focus of biochemical processes, ensures maximum yield and high quality products. This is important in the cultivation of potatoes and sugar beet. The results of a study of the effectiveness of npk-universal high-performance mineral fertilizer, with the main batteries n: p: k = 14-14-23 for various soil types. High total concentration of active ingredients of npk provides a considerable harvest increase, makes use of three-part fertilizer convenient and cost-effective because there is no need to make additional fertilizers and environmentally friendly.

Key words: potato, sugar beet, mineral fertilizers, npk, product quality, soil, nitrogen, phosphorus, nitrification inhibitors, nitrogen losses, productivity.

E-mail: n_akanova@mail.ru.

Выбор нитроаммофоски с конкретным соотношением NPK и его дозы в большей степени определяются биологическими особенностями культур, агрохимическими свойствами почв и планируемой урожайностью. Нитроаммофоска содержит три питательных элемента, и, поэтому наиболее эффективно её применять под культуры, реагирующие на полное минеральное удобрение, в том числе, сахарная свекла и картофель. Это так называемые калийлюбивые культуры, у которых вынос этого элемента с основной и побочной продукцией в несколько раз выше, чем у зерновых.

Исследования по эффективности нитроаммофоски NPK=14-14-23 производства АО МКХ Еврохим были проведены ФГБНУ «ВНИИКХ им. А.Г. Лорха» в Московской области в полевом опыте с ранним сортом картофеля «Удача» (элита) на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, характеризующейся высокой обменной и гидролитической кислотностью ($pH_{KCl} = 4,68-4,71$; $Hg = 3,27-3,53$ мг-экв/100г почвы); низкой суммой поглощенных оснований и степенью насыщенности ($S = 3,05-3,11$ мг-экв/100г почвы; $V = 46,4-48,7\%$); высоким содержанием подвижного фосфора (293-315 мг/кг почвы) и низким содержанием обменного калия (97-105 мг/кг почвы); типичной гумусированности для дерново-подзолистых почв Центрального региона РФ [1; 2]. Схема опыта включала 5 вариантов: 1. Контроль без удобрений; 2. $N_{90}P_{90}K_{90}$ (NPK=16:16:16); 3. $N_{90}P_{90}K_{148}$ (NPK=14:14:23); 4. $N_{120}P_{120}K_{197}$ (NPK= 14:14:23); 5. $N_{150}P_{150}K_{246}$ (NPK=14:14:23). Повторность опыта 3-х кратная. Во время вегетации проводилось опрыскивание растений картофеля смесью гербицидов (Боксер 3 л/га + Зенкор 250 г/га) общим фоном и инсектицидом (Регент 20 г/га) и фунгицидом (Сектин Феномен 1 кг/га). Учет и структуру урожая клубней картофеля проводили с каждой делянки, взвешивая товарную (клубни по поперечному диаметру больше 50 мм) и нетоварную фракции (клубни по поперечному диаметру меньше 50 мм) отдельно [3; 4].

Сорт картофеля Удача селекции ВНИИКХ, ранний, столового назначения, потенциальная урожайность сорта до 50 т/га. Сорт устойчив к фитофторозу по ботве и клубням, мокрым и сухим гнилям, мозаичным вирусам, парше и ризоктониозу. При внесении хлористых калийных удобрений возможно потемнение мякоти.

Полученные результаты показывают, что нитроаммофоска NPK=14-14-23 оказала существенное влияние на формирование структуры урожая картофеля (табл.1)

Таблица 1 – Биометрические показатели растений картофеля в зависимости от применения различных форм и доз удобрений (2014 год)

№ п/п	Варианты опыта	Количество, шт./куст		Высота, см	Масса ботвы, г/куст	Площадь листьев, м ² /куст
		стеблей	клубней			
1	Контроль без удобрений;	2,5	7,4	29,3	354	0,34
2	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ (16:16:16)	3,0	8,1	35,3	641	0,62
3	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₄₈ (14:14:23)	3,3	9,0	40,0	659	0,67
4	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₉₇ (14:14:23)	3,5	9,9	56,7	765	0,78
5	N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₂₄₆ (14:14:23)	3,5	8,1	75,7	893	0,83

В средней пробе растений (20 растений) по вариантам количество стеблей изменялось с 2,5 до 3,5 шт./растение; клубней – с 7,4 до 9,9 шт./растение; высота растений – от 29,3 до 75,7 см; масса ботвы – от 354 до 893 г/куст; площадь листьев – от 0,34 до 0,83 м²/куст, при этом минимальные значения интервалов отмечены для растений с контрольного варианта, максимальные – на фоне NPK=14-14-23 в дозе N₁₅₀P₁₅₀K₂₄₆, что отразилось на урожайности картофеля. Применение NPK=14-14-23 способствовало увеличению урожайности картофеля на 9,1-14,6 т/га или на 54,5-87,4% по сравнению с контролем. Внесение удобрения в дозе N₉₀P₉₀K₁₄₈ достоверно повышало урожай клубней на 1,7 т/га или 6,6% по сравнению с эквивалентной (по азоту и фосфору) дозой нитроаммофоски NPK=16-16-16 (табл.2).

Таблица 2 – Урожайность картофеля сорта Удача в зависимости от применения различных форм и доз удобрений (2014 год)

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю		Выход прод. фракции, т/га	Товарность, %	Масса (г)/ кол-во (шт.) товарных клубней* на 1 куст
		т/га	%			
Контроль без удобрений	16,7	-	100	13,9	83,2	79/4,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ (16:16:16)	25,8	9,1	54,5	23,3	90,3	107/5,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₄₈ (14:14:23)	27,5	10,8	64,7	24,1	87,6	100/5,6
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₉₇ (14:14:23)	31,3	14,6	87,4	28,3	90,4	101/6,4
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₂₄₆ (14:14:23)	27,7	11,0	65,9	25,3	91,3	106/5,6
HCP ₀₅	1,5	1,5	-	1,3	-	-

Наибольший урожай клубней получен на фоне NPK=14-14-23 в дозе N₁₂₀P₁₂₀K₁₉₇ – 31,3 т/га, прибавка к стандарту составила 5,5 т/га (или 21,3%). В этом же варианте отмечен максимальный выход товарной фракции (> 50 мм в диаметре) – 28,3 т/га, что на 5,0 т/га (или 21,5%) выше средней дозы нитроаммофоски NPK=16-16-16. Дальнейшего достоверного роста урожайности в варианте с максимальной дозой NPK=14-14-23 не установлено, что, по-видимому, связано с чрезмерным развитием вегетативной массы в ущерб продуктивной [4;5].

Существенное увеличение урожайности свидетельствует о создании оптимального режима минерального питания, особенно азотного и калийного, который обеспечил продуктивный рост и развитие растений картофеля в течение вегетации [6; 22,23].

Иногда, повышение урожайности культур на фоне минеральных удобрений, сопровождается снижением содержания питательных веществ в продукции, что объясняется эффектом разбавления питательных компонентов в продукции больших урожаев [7 – 11].

Содержание крахмала в клубнях на вариантах с применением NPK=16-16-16 в дозе N₉₀P₉₀K₉₀ и NPK=14-14-23 в дозе N₉₀P₉₀K₁₄₈ и N₁₅₀P₁₅₀K₂₄₆ снизилось на 0,9%; а в варианте N₁₂₀P₁₂₀K₁₉₇ на 0,4% в сравнении с контролем. Напротив, содержание витамина С повышалось на 2,6-7,5 мг%; наибольшая прибавка витамина С отмечена в варианте NPK=14-14-23 в дозе N₁₂₀P₁₂₀K₁₉₇ – 22,5 мг%, что на 7,5 мг% выше контроля.

О влиянии удобрений на кулинарные качества картофеля имеются противоречивые данные. Одни исследователи считают, что минеральные удобрения в умеренных дозах улучшают вкусовые качества клубней картофеля [4; 12]. Другие, что кулинарные свойства не зависят или изменяются незначительно от применяемых удобрений [5]. Большинство авторов говорят, что применение удобрений ухудшают вкусовые качества картофеля [8; 11-12]. В проведенных исследованиях самую высокую оценку вкуса (8 и 9 баллов) получил картофель, выращенный в условиях применения NPK=14-14-23 на фоне дозы N₉₀P₉₀K₁₄₈. Установлено, что картофель сорта Удача устойчив к потемнению вареной мякоти. Этот показатель не ухудшался через 24 часа на всех вариантах опыта, в т. ч. с высокими дозами удобрения не наблюдалось потемнения вареной мякоти – 9 баллов (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние различных форм и доз удобрений на показатели качества клубней картофеля (2014)

Варианты опыта	Крахмал, %	Витамин С, мг%	NO ₃ , мг/кг	Потемнение мякоти		Разваримость	Вкус	Сумма баллов
				сырой	варёной			
Контроль б/удобрений	15,3	15,0	116	3	9	5	8	25
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ (16:16:16)	14,4	17,6	247	5	9	5	8	27
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₄₈ (14:14:23)	14,4	17,8	252	7	9	5	7	28
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₉₇ (14:14:23)	14,9	22,5	250	7	9	7	9	32
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₂₄₆ (14:14:23)	14,4	19,7	270	5	9	5	6	25
НСР ₀₅	0,6	2,2	21					

Таким образом, установлено высокое положительное действие нитроаммофоски NPK=14:14:23 на рост, развитие и продуктивность картофеля. Для получения рентабельных урожаев картофеля высокого качества рекомендуется применять нитроаммофоску NPK=14:14:23 в средних и повышенных дозах – N₉₀P₉₀K₁₄₈ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₉₇.

Актуальной проблемой современного сельскохозяйственного производства является непродуктивные потери азота [13]. Это приводит к снижению эффективности использования азота культурами. При этом, потери азота оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду, загрязняя почву и воды [14]. Одним из решений этой проблемы является использование удобрений, содержащих ингибиторы. Примером таких ингибиторов является ENTEC. Ингибиторы нитрификации эффективно используются в аммиачных удобрениях и снижают интенсивность процесса нитрификации аммиака с образованием нитрата. Замедление нитрификации дает целый ряд преимуществ, способствующих повышению эффективности удобрений [15]. Следует отметить, что ингибиторы не повышают урожайность культур, а лишь позволяют растениям наиболее полно реализовать свой потенциал и более полно использовать внесенные удобрения.

В исследованиях 2015 года, выявленная в предыдущем году высокая эффективность нитроаммофоски N:P:K=14-14-23 нашла свое подтверждение. Было проведено также сравнительное испытание N:P:K=14:14:23 и N:P:K=14:14:23, обработанной ингибитором нитрификации ENTEC. Форма удобрения оказала существенное влияние на биометрические показатели (табл.4).

Таблица 4 – Биометрические показатели растений картофеля в зависимости от формы и дозы удобрений

№ п/п	Варианты опыта	Количество шт./куст		Высота, см	Масса ботвы, г/куст
		стебли	клубней		
1	Без удобрений	2,5	7,5	58	724
2	N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ (16:16:16)	3,0	8,0	63	946
3	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₄₈ (14:14:23)	3,3	8,3	66	979
4	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₉₇ (14:14:23)	3,5	7,5	75	1145
5	N ₉₀ P ₉₀ K ₁₄₈ (14:14:23) ENTEC	3,5	9,0	69	1030
6	N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₉₇ (14:14:23) ENTEC	4,0	8,0	70	1103

В средней пробе растений (20 растений) по вариантам опыта количество стеблей изменялось с 2,5 до 3,5-4,0 шт./растение; количество товарных клубней – с 7,5 до 9,0 шт./растение; высота стеблей – от 58 до 75 см; масса ботвы – от 724 до 1145 г/куст, минимальные значения интервалов были отмечены для контрольного варианта, а максимальные в варианте с дозой N:P:K=14-14-23 - N₁₂₀P₁₂₀K₁₉₇.

Применение удобрений способствовало увеличению урожайности картофеля на 11,4-19,7 т/га или на 32,9-56,9%. Основное внесение N:P:K=14:14:23 в дозе N₉₀P₉₀K₁₄₈ повышало урожай клубней картофеля на 6,0 т/га или 12,7% по сравнению с эквивалентной по азоту и фосфору дозой N:P:K=16-16-16. В этом же варианте отмечен максимальный выход товарной фракции клубней (>40 мм) – 51,4 т/га, что на 6,4 т/га (или 14,2%) выше средней дозы N:P:K=16-16-16 (табл.5).

Таблица 5 – Урожайность картофеля сорта Удача в зависимости от применения различных форм и доз удобрений

Варианты опыта	Урожай, т/га	± к контролю		Выход продов. фракции, т/га	Товарность, %	Масса (г)/ кол-во (шт.) товарных клубней на 1 куст
		т/га	%			
Без удобрений	34,6	-	100	31,7	91,4	88/8,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ (16:16:16)	47,4	12,8	37,0	45,0	94,9	122/8,5
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₄₈ (14:14:23)	53,4	18,8	54,3	51,4	96,2	130/8,8
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₉₇ (14:14:23)	46,0	11,4	32,9	43,5	94,6	127/7,6
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₄₈ (14:14:23) ENTEC	54,3	19,7	56,9	51,2	94,3	118/9,7
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₉₇ (14:14:23) ENTEC	54,1	19,5	56,4	50,3	92,9	132/8,5
HCP ₀₅	1,8	1,8	-	1,5	-	-

Максимальный урожай клубней картофеля получен в варианте с дозой N₉₀P₉₀K₁₄₈ и N₁₂₀P₁₂₀K₁₉₇, обработанной ENTEC – 54,3 и 54,1 т/га, прибавки к эквивалентным дозам N:P:K= 14-14-14 составили 0,9 и 8,1 т/га (или 1,7 и 17,6%) соответственно. Чем выше доза азота в нитроаммофоске, тем выше эффект от обработки ENTEC, прибавка от дозы N₁₂₀P₁₂₀K₁₉₇ ENTEC составляла 8,1 т/га или 17,6%, от дозы N₉₀P₉₀K₁₄₈ ENTEC – только 0,9 т/га или 1,7% к соответствующим дозам не обработанной N:P:K=14-14-23. В проведенных исследованиях установлено, что применение NPK=14-14-23 ENTEC в дозе N₉₀P₉₀K₁₄₈ способствовало повышению выровненности фракционного состава клубней (табл. 6).

Таблица 6 – Влияние различных форм и доз удобрений на показатели качества картофеля (с. Удача)

Варианты опыта	Крахмал, %	Витамин С, мг%	NO ₃ , мг/кг	Потемнение мякоти		Разваримость	Вкус	Сумма баллов
				сырой	варёной			
Без удобрений	15,8	22,6	119	5,7	9,0	6,0	7,3	28,0
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ (16:16:16)	15,2	18,7	145	5,7	9,0	8,0	6,7	29,4
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₄₈ (14:14:23)	15,3	19,3	178	6,3	9,0	7,0	7,7	30,0
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₉₇ (14:14:23)	15,1	18,6	272	5,7	9,0	7,0	7,2	28,9
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₄₈ (14:14:23) ENTEC	15,8	21,2	202	6,0	9,0	6,0	7,5	28,5
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₉₇ (14:14:23) ENTEC	14,8	16,1	258	7,0	9,0	7,0	8,1	31,1
HCP ₀₅	0,7	2,5	16					

Применение NPK=14:14:23 ENTEC способствовало повышению содержания витамина С, вкуса вареного картофеля и устранению ферментативного потемнения мякоти по сравнению с NPK=14-14-23, не обработанной ENTEC, что свидетельствует о создании благоприятных условия для получения вкусного

диетического картофеля. Самую высокую оценку вкуса получил картофель, выращенный на вариантах со средней дозой NPK=14-14-23 (7,7 балла) и повышенной дозой NPK=14-14-23 ENTEC (8,1 балла). Применение нитроаммофоски ENTEC способствовало устранению ферментативного потемнения, что, очевидно, связано с оптимальным содержанием доступного азота и калия в питательной среде. Разваримость клубней была средней (6 баллов) на варианте без удобрений и увеличивалась на вариантах с удобрениями.

Расчёт экономической эффективности показал, что применение нитроаммофоски NPK=14:14:23 в дозе N₉₀P₉₀K₁₄₈, а также N₉₀P₉₀K₁₄₈ ENTEC и N₁₂₀P₁₂₀K₁₉₇ ENTEC экономически целесообразно (табл.7).

Несмотря на повышение дополнительных затрат в вариантах с удобрениями, наилучшие и, практически, одинаково высокие экономические показатели получены в вариантах: с дозой нитроаммофоски N₉₀P₉₀K₁₄₈ (14:14:23), N₉₀P₉₀K₁₄₈ (14:14:23) ENTEC и повышенной дозами N₁₂₀P₁₂₀K₁₉₇ (14:14:23) ENTEC: высокий условный доход – 160,7-167,6 тыс. руб./га, окупаемость затрат – 4,8-5,9 и рентабельность 331-323%; низкая себестоимость продукции – 3,0-3,1 руб. за 1кг картофеля.

Таблица 7 – Экономические показатели применения нитроаммофоски 14:14: 23 и 14:14:23 ENTEC при возделывании картофеля (2015 г.)

Варианты опыта	Прибавка урожая, т/га	Стоимость доп. продукции	Дополнит. затраты	Условный доход	Себестоимость, руб./кг	Окупаемость затрат, руб./руб	Рентабельность, %
		тыс. руб./га					
Без удобрений	-	-	-	-	3,87	-	258
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ (16:16:16)	12,8	128,0	21,187	106,813	3,27	5,04	306
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₄₈ (14:14:23)	18,8	188,0	27,283	160,717	3,02	5,89	331
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₉₇ (14:14:23)	11,4	114,0	25,438	88,562	3,46	3,48	289
N ₉₀ P ₉₀ K ₁₄₈ (14:14:23) ENTEС	19,7	197,0	29,416	167,584	3,00	5,70	333
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₉₇ (14:14:23) ENTEС	19,5	195,0	33,802	161,198	3,10	4,77	323

Таким образом, применение нитроаммофоски 14:14:23 в дозе N₉₀P₉₀K₁₄₈, N₉₀P₉₀K₁₄₈ (14:14:23) ENTEC и N₁₂₀P₁₂₀K₁₉₇ (14:14:23) ENTEC было существенно выгоднее, чем применение нитроаммофоски NPK=16:16:16: величина условного дохода повышалась на 50-57%, окупаемость затрат – на 13-17%, и снижалась себестоимость продукции – на 8%. Повышались не только величина урожая и экономические показатели, но и качество продукции.

Эффективность нитроаммофоски 14-14-23 была исследована также в посевах сахарной свеклы. Полевые опыты были заложены в Азовском районе Ростовской области кафедрой агрохимии и садоводства ДонГАУ на черноземе обыкновенном карбонатном мощном (предкавказский), содержание карбонатов в пахотном слое – до 2,5-4,0%, сумма поглощенных оснований – 38-40 мг-экв./100 г почвы. В составе поглощенных оснований преобладает кальций (89%),

магния содержится приблизительно 10% и в небольшом количестве, менее 2%, присутствует натрий. Содержание гумуса – 3,4-3,8%, запас общего азота – 22-25 т/га, в слое почвы 0-40 см - 53 кг/га минерального азота; подвижного фосфора (по Мачигину) в слое 0-20 см – 18,3 мг/кг, в слое 20-40 см – 12,4 мг/кг почвы; обменного калия (по Мачигину) – в слое 0-20 см – 670 мг/кг, в слое 20-40 см – 430 мг/кг почвы. Мощность гумусовых горизонтов (А+Б) – 90-127 см. В целом почва опытного участка по плодородию, гранулометрическому составу, физико-химическим и другим свойствам благоприятна для возделывания сахарной свеклы. Однако, несмотря на значительные валовые запасы азота, содержание его усвояемых форм подвержено сезонным колебаниям и зависит от интенсивности микробиологических процессов в почве. При хорошем увлажнении и холодной весне, когда нитрификационные процессы подавлены, в первом минимуме для растений находится азот [16].

Сахарная свекла является одной из основных технических культур современной России, обладающая высоким потенциалом продуктивности и при создании оптимальных условий возделывания, способна обеспечить урожай корнеплодов до 150 т/га, при выходе сахара до 10 т/га [17; 18]. В настоящее время в земледелии России урожайность культуры составляет 35-55 т/га, а выход сахара 4-5 т/га [19]. Поэтому поиск путей оптимизации одного из основных факторов реализации потенциальной продуктивности сахарной свеклы – минерального питания, актуален и перспективен. Применение минеральных удобрений должно быть рациональным, обеспечивать максимальное использование растениями, вносимых элементов питания и высокую окупаемость прибавкой урожая [20].

Объектом исследований был гибрид сахарной свеклы Леопард, оригинатор «Сесвандерхаве» [21]. Повторность опыта четырехкратная. Схема опыта включала пять вариантов: 1. Контроль (без удобрений); 2. $N_{100}P_{100}$ (200 кг/га аммофоса $N_{12}P_{50}$ + 210 кг/га аммиачной селитры $N_{34,6}$) – эта доза удобрений применяется в хозяйстве под сахарную свеклу; 3. $N_{100}P_{100}K_{100}$ (200 кг/га аммофоса $N_{12}P_{50}$ + 210 кг/га аммиачной селитры $N_{34,6}$ + хлористый калий 60% K_2O) – калий добавляется для сравнения с действием калия, входящего в состав нитроаммофоски); 4. $N_{100}P_{100}K_{160}$ (нитроаммофоска 14-14-23); 5. $N_{150}P_{150}K_{240}$ (нитроаммофоска 14-14-23). В опыте использовали аммиачную селитру ($N_{34,6}$), аммофос ($N_{12}P_{50}$), хлористый калий 60% K_2O и нитроаммофоску 14:14:23. Внесение минеральных удобрений осуществляли весной вразброс под предпосевную культивацию. Уборку корнеплодов сахарной свеклы вручную проводили с площадок по 1 м².

В фазу смыкания листьев в рядах масса надземной части растений сахарной свеклы на контрольном варианте составила 108 г, подземной – 60 г, при высоте растений – 30,2 см (табл. 8).

Таблица 8 – Биометрические показатели растений сахарной свеклы

Вариант	Высота надземной части, см	Масса, с 1 растения, г,	
		надземной части	подземной части
Смыкание листьев в рядках			
контроль	30,2	108	60
N ₁₀₀ P ₁₀₀ (NP)	31,4	122	78
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ (NPK)	32,8	135	83
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₆₀ (НАФК)	34,4	159	91
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₂₄₀ (НАФК)	36,0	186	90
Смыкание листьев в междурядьях			
контроль	32,3	125	240
N ₁₀₀ P ₁₀₀ (NP)	34,4	270	395
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ (NPK)	35,8	360	410
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₆₀ (НАФК)	39,4	460	680
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₂₄₀ (НАФК)	41,0	510	590

Наибольшая и практически одинаковая масса подземной части 1 растения сформирована на вариантах с применением нитроаммофоски 14:14:23, которая больше, чем на контроле на 30-31 г. Максимальная масса подземной части растения сформирована на варианте с нитроаммофоской в дозе N₁₀₀P₁₀₀K₁₆₀, которая превосходит контроль на 350 г, но наибольшая масса надземной части 1 растения сформирована на варианте с дозой N₁₅₀P₁₅₀K₂₄₀ и превосходит контроль на 50 г. Очевидно, увеличение дозы удобрения способствовало чрезмерному нарастанию вегетативной массы растений. Применение NPK=14-14-23 повышало урожайность на 2,1 т/га. Прибавка массы ботвы математически достоверна и выше, чем на варианте с NP на 2,2 т/га (табл. 9).

Таблица 9 – Урожайность корнеплодов сахарной свеклы, т/га

Вариант опыта	Урожайность, т/га	Прибавка к контролю	
		т/га	%
контроль	70,1	-	-
N ₁₀₀ P ₁₀₀ (NP)	79,9	9,8	14
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ (NPK)	82,0	11,9	17
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₆₀ (НАФК)	87,9	17,8	25
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₂₄₀ (НАФК)	83,4	13,3	19
НСР ₀₉₅	2,7	-	-

Максимальная прибавка урожая корнеплодов сахарной свеклы получена на варианте с применением нитроаммофоски 14:14:23 в дозе N₁₀₀P₁₀₀K₁₆₀. Прибавка по отношению к контрольному варианту составила 17,8 т/га или 25%. Повышение урожайности на данном варианте произошло за счет увеличения массы 1 корнеплода (табл.6). Увеличение дозы НАФК 14:14:23 ещё на N₅₀P₅₀K₈₀ способствовало существенному и математически достоверному снижению

урожайности корнеплодов сахарной свеклы по отношению к варианту N₁₀₀P₁₀₀K₁₆₀ на 4,5 т/га. Это объясняется значительным нарастанием массы ботвы сахарной свеклы по отношению к варианту N₁₀₀P₁₀₀K₁₆₀ на 2,2 т/га.

Оценка качества продукции показала, что содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы на контрольном варианте составило 16,1%, что обеспечило сбор сахара равный 11,29 т/га (табл. 10).

Таблица 10 – Влияние удобрений на сбор сахара

Вариант опыта	Содержание сахара	± к контролю	Сбор сахара, кг/га	Прибавка к контролю	
	%			кг/га	%
Контроль	16,1	-	11,29	-	-
N ₁₀₀ P ₁₀₀ (NP)	16,6	0,5	13,26	1,97	17,5
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀ (NPK)	16,7	0,6	13,69	2,40	21,3
N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₆₀ (НАФК)	17,0	0,9	14,94	3,65	32,4
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₂₄₀ (НАФК)	17,2	1,1	14,34	3,05	27,1
НСР ₀₉₅	0,23	-	-	-	-

Применение нитроаммофоски 14-14-23 обеспечило достоверное увеличение сахаристости корнеплодов сахарной по отношению к контрольному варианту на 0,5-1,1%.

Максимальная прибавка урожая корнеплодов 17,8 т/га или 25% получена на варианте с применением нитроаммофоски 14:14:23 в дозе N₁₀₀P₁₀₀K₁₆₀. Наибольшая сахаристость корнеплодов получена на вариантах с применением нитроаммофоски 14-14-23, прибавка по отношению к контрольному варианту составила 0,9-1,1%. Применение нитроаммофоски в дозе N₁₀₀P₁₀₀K₁₆₀ обеспечило наибольшую прибавку сбора сахара с 1 га, которая составила 3,65 т/га или 32,4%.

Таким образом, применение N:P:K=14-14-23 в дозе N₉₀P₉₀K₁₄₈ повышала урожайность картофеля на 6,0 т/га или 12,6% по сравнению с эквивалентной (по азоту и фосфору) дозой N:P:K= 16-16-16. Нитроаммофоска ENTEC во всех дозах оказывала положительное влияние на урожайность, выход товарной фракции и структуру урожая, прибавка от дозы N₁₂₀P₁₂₀K₁₉₇ ENTEC составляла 8,1 т/га или 17,6%, от дозы N₉₀P₉₀K₁₄₈ ENTEC – 0,9 т/га или 1,7% к соответствующим дозам N:P:K= 14-14-23.

Наибольшие урожай корнеплодов сахарной и прибавку в сборе сахара с 1 га свеклы получены в условиях применения NPK= 14-14-23 в дозе N₁₀₀P₁₀₀K₁₆₀, прибавка по отношению к контрольному варианту составила соответственно 17,8 т/га или 25% и 3,65 т/га или 32,4%.

NPK 14-14-23 – высокоэффективное, экономичное, универсальное комплексное удобрение, не содержит балластных веществ и вредных примесей, экологически безопасное, оптимизировано легкоусвояемыми растениями основными питательными элементами: азот, фосфор, калий. Содержит азот, медленно вымывающийся из почвы, что позволяет использовать удобрение для осеннего внесения. Применение удобрения благоприятно сказывается на росте растений в начальный период развития, повышает устойчивость

культур к кратковременным заморозкам и недостатку влаги, снижает накопление нитратов в овощах, увеличивает сроки их хранения.

Список литературы

1. Никляев В.С. Основы технологии сельскохозяйственного производства. Земледелие и растениеводство. Под ред. В.С. Никляева. – М.: «Былина», 2000. – 555 с.
2. Третьяков Н.Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н.Н. Третьяков, Е.И. Кошкин, Н.М. Макрушин и др.; под ред. Н.Н. Третьякова. – 2-е изд. – М.: КолосС, 2005. – 656 с.
3. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян (с Изменением № 1).
4. Горелкин Л.И. Пути повышения урожайности картофеля в БССР. – Минск, Бельсельхозиздат, 1962. – 105 с.
5. Колядко И.И. Бульба белорусская: энциклопедия / под общ. ред. И.И. Колядко. – Минск: Беларус. энцыклапедыя імя П. Броўкі. 2008 – 384 с.
6. Власюк П.А. Диагностика недостаточности питания растений макро- и микроэлементами. – В кн.: Биологические элементы в жизнедеятельности растений. Киев, 1969. – С. 458-491.
7. Молякко А.А. Экологически безопасное удобрение картофеля и пригодность клубней для картофелепродуктов. – Брянск, 1997. – 144 с.
8. Коришунов А.В. Управление урожаем и качеством картофеля. – М.: ВНИИКХ. – 2001. – 369 с.
9. Власюк П.А., Власенко Н.Е., Мицко В.Н. и др. Химический состав картофеля и пути улучшения его качества. – Киев: «Наукова думка». – 1979. – 193 с.
10. Федотова Л.С. Условия минерального питания, продуктивность и качество картофеля //Агрoхимия. – 2003. – № 2. – С. 31-36.
11. Федотова Л.С., Зеленов Н.А. Удобрение как фактор высокой продуктивности и качества картофеля / РАСХН. ВНИИА. – М.: Изд-во «С_Принт», 2007. – 172 с.
12. Соколов О.А. Нитраты под строгий контроль // Наука и жизнь. 1988, № 8. – С. 69-72.
13. 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.
14. Кореньков Д.А. Агрoэкологические аспекты применения азотных удобрений. – М.: Агропрогресс, 1999. – 295 с.
15. Римас Казне ПЕДИШЮС Р.К. Потери азота удобрений из почвы и состав выделяющихся газообразных продуктов при различных условиях. Автореф. канд дисс. М. – 1973. – 22 с.
16. Маннхайм Т., Бергер Н. Удобрение культур стабилизированными азотными удобрениями // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2015. – №3. – С.28-30.
17. Агафонов Е.В., Полуэктов Почвы и удобрения Ростовской области / Е.В. Агафонов, Е.В., -п. Персиановский, 1999. – 87 с.
18. Вострухин Н.П. Сахарная свекла. – Мн.: Фабрика цветной печати, 2005. – 319 с.

19. Минаков И.А. Развитие рынка сахарной свеклы и сахара в России. / Минаков И.А., Сабетова Л.А. // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2014. – №10. – С. 44.
20. Луценко Р.Н., Мязин Н.Г. Систематическое применение удобрений в севообороте и продуктивность сахарной свеклы // Земледелие. – 2012. – №6. – С. 15-19.
21. Багринцева В.Н., Ивашенко И.Н. Особенности развития самоопыленных линий кукурузы при внесении азотного удобрения // Кукуруза и сорго. – 2015. – №2. – С. 22-30.
22. Фетюхин И.В., Черненко В.В., Бочарников А.И. Сроки сева и уборки сахарной свеклы в Ростовской области // Сахарная свекла. – 2014. – №2. – С. 28-30.
23. Куликова Е.Г., Ефремова С.Ю. Влияние современных средств защиты растений на урожайность и качество картофеля // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 5 (21). С. 129-137.

УДК 631.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ В ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

© С.С. Фирсов, ОУ ВО "Тверской институт экологии и права"
(г. Тверь, Россия)

© Ю.В. Жигарева, ФГБУ "Тверская межобластная ветеринарная лаборатория" (г. Тверь, Россия)

© Н.В. Сухова, ООО "ЕвроХимТрейдинг Рус" (г. Тверь, Россия)

EFFECTIVENESS OF HUMIC FERTILIZERS IN THE INTENSIFICATION OF PRODUCTION PROCESSES OF WHEAT

© S.S. Firsov, OP AMPS in the Tver Institute of ecology and law (Tver, Russia)

© Yu. V. Zhigarev, RAMS Tverskaya interregional veterinary laboratory
(Tver, Russia)

© N.V. Sukhova, LLC EvroHimTrejding Eng (Tver, Russia)

Среди агрохимических средств выделяются препараты естественного происхождения, получившие название гуминовые удобрения, имеющих широкий спектр применения, высокую эффективность, экологическую безопасность. Подходит для органического земледелия. В их составе обнаружены гуминовые кислоты, фульвокислоты, соли этих кислот – гуматы и фульваты, а также гумины – прочные соединения гуминовых кислот и фульвокислот с почвенными минералами. Установлено, что применение удобрения Биогумат увеличивает энергию прорастания и всхожесть семян пшеницы в среднем на 2,5%; вегетативную массу растения на 21%; высоту растений на 23%, содержание хлорофилла в тканях проростков пшеницы на 14%. Выявлено антистрессовое действие гумусового удобрения нивелировали. Показано, что применение удобрений приводит к повышению пролиферативной активности клеток первичной коры зародышевых корешков и стебельков семян растений пшеницы.

Ключевые слова: гуминовые удобрения, гуминовые и фульвокислоты, продуктивность, энергия прорастания, всхожесть, динамика роста проростков пшеницы, хлорофилл, урожай, зерно

Among the agrochemical earmarked drugs of natural origin, called humic fertilizers with a wide spectrum of application, high efficiency, ecological safety. Suitable for organic farming. They discovered humic acids, fulvic acids, salts of these acids, humates and fulvate, as well as humins-strong connections humic acids and fulvic acids from soil minerals. It is established that the application of fertilizers Biogumat increases vigor and germination of wheat seeds on average 2.5%; vegetative mass

of plants at 21%; plant height at 23%, chlorophyll content in wheat seedlings tissue at 14%. Anti-stress action revealed humus fertilizer neutralized. It is shown that the use of fertilizers leads to increased proliferative activity of cells of the primary cortex of embryonic roots and branch plant seeds of wheat.

Key words: humic fertilizer, humic and fulvic acids, productivity, germination energy, germination, dynamics of growth of wheat seedlings, chlorophyll, crop, grain

E-mail: shd69@mail.ru

Гуминовые вещества от лат. humus - земля, почва, были впервые выделены из торфа немецким ученым Ф. Ахардом (F. Achard) в 1786 году и уже более 230 лет изучаются учеными разных стран. Многие исследователи отмечают, что гуминовые препараты или гуматы не являются удобрениями в буквальном смысле, поскольку содержание элементов питания в них невелико. Однако, имеется большое число публикаций с результатами об эффективности гуминовых веществ на разных почвах и под различные сельскохозяйственные растения [1-3;14]. Гуминовые вещества рассматривают, как эффективный технологический фактор экологизации сельскохозяйственного производства [4-6,15].

Доказано, что гуминовые кислоты активизируют синтез нуклеиновых кислот, особенно РНК. Исследование физиологической активности гуминовых веществ в клетках растений, подвергавшихся стрессам, показали, что они способствуют уменьшению лучевых и химических поражений, снижают уровень ингибирования, благодаря чему жизнедеятельность растений полностью восстанавливается [7]. Они обладают стимулирующим и адаптогенным действием на клеточном и субклеточном уровнях, стимулирующее влияют также на численность полезных почвенных микроорганизмов [8-9;16;17]. Отмечена высокая эффективность гуматов при инкрустации семян и некорневой обработке вегетирующих растений, в обработанных растениях улучшалось качество зерна: увеличивалась масса зерен, повышалось содержание сырого протеина и клейковины. Отмечено, что при совместном внесении с гербицидами гуматы снимали угнетающее их действие. Обширный экспериментальный материал, представленный в литературных источниках, свидетельствует о стрессовом состоянии растений в условиях применения гербицидов [10-12]. Известен ингибирующий эффект некоторых гербицидов на синтез ДНК и РНК. Безусловно, современное земледелие и получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур, немыслимы без применения гербицидов, потому что высокая степень засоренности посевов существенно снижает урожайность культурных растений. Поиск биологически активных веществ, способных нивелировать влияние гербицидов на пролиферативные процессы в клетках и тканях культурных растений, крайне актуален.

Большинство гуминовых удобрений выпускается в жидком виде, что очень удобно при применении. Применяются гуматы на всех стадиях роста, начиная с обработки семян перед посевом, заканчивая обработкой почв после сбора урожая. При использовании гуматов отмечено улучшение микробиологического состава почвы, которое происходит за счет большого количества аминокислот, витаминов, полезных микроорганизмов.

В настоящее время в аграрном секторе актуален вопрос биологического земледелия. Однако, использование гуминовых удобрений, не получило широкого распространения. Проблема отчасти связана с тем, что производители работают не по одной технологии, производят все новые формы и виды. Меняется сырье, технические условия, и в результате производства получается новый продукт с присущими ему уникальными свойствами: содержит различное

количество и качество гуминовых соединений, различен их микробиологический состав. Поэтому для каждого такого удобрения необходимо исследование эффективности для разработки оптимальных норм внесения.

Целью наших исследований было изучение применения гуминового удобрения Биогумат марки МК10+супер (10% водный раствор калийно-натриевый-аммонийный гумата с микроэлементами и +NPK 5:5:5) производства ООО «Терра Мастер» в формировании продукционного процесса растений озимой пшеницы. Биогумат - агрохимикат на основе гуминовых кислот, производимый путем щелочной обработки бурого угля в присутствии спиртов и перекиси водорода. В задачи исследования входило изучение влияния применения удобрения на энергию прорастания семян пшеницы, всхожесть семян, формирование фотосинтетического аппарата, эффекта усиления ювенильной фазы развития и динамики роста проростков и урожай зерна.

Исследования проводились в лабораторной установке и в полевых условиях на дерново-подзолистой почве ФГБУ «ЦАС Тверской». Объектом исследования являлись пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорта Московская 39.

Схема лабораторного опыта состояла из 2-х вариантов. Опыт проводился в 6-и кратной повторности:

1. Контроль (вода)
2. Обработка семян Биогуматом

После проращивания семян в чашках, правильно развивающиеся проростки переносили для фиксации в раствор ацеталкоголя, после чего согласно методике окрашивали раствором ацетокармина [13]. Согласно ГОСТ 12038 – 84 нормально проросшими считаются семена имеющие: хорошо развитый корешок, у которого здоровый вид; хорошо развитые гипокотиль и эпикотиль с нормальной верхушечной почечкой; первичные листочки, занимают не менее половины длины coleoptily. Окрашенные зародышевые корешки и стебельки переносили на часовое стекло и готовили временный препарат и просматривали под микроскопом ($\times 80$) и анализировали интенсивность роста и развития тканей зародышевых органов. Дозировка удобрений проводилась в соответствии с рекомендациями по их применению.

Схема полевого опыта, заложенного на дерново-подзолистой супесчаной почве, состояла из 5-ти вариантов:

1. Контроль (необработанные семена)
2. N_{30} подкормка (стандарт)
3. Обработка семян водой (10 л/т)
4. Обработка семян Биогуматом 0,2 л/т
5. Обработка семян Биогуматом 0,2 л/т + обработка посевов Биогуматом (кущение) 3,0 л/га.

Почвы опытного участка характеризуются следующими агрохимическими параметрами: содержание гумуса низкое – 1,6-1,8%, рН_{кcl} – 5,5-5,7, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) – 186-193 мг P_2O_5 на кг почвы, обменного калия 149- 163 мг K_2O на кг почвы, содержание обменного кальция и магния составляет соответственно 5,5 и 1,4 мг-экв/100 г почвы.

Опрыскивание вегетирующих растений (в фазу кущения и по флаговому листу) производилось вручную. Общая площадь одной делянки 100 м², повторность опыта 3-кратная. Азотную подкормку аммиачной селитрой вносили перед уходом в зиму.

В ходе лабораторных опытов было выяснено, что гуминовые удобрения увеличивают лабораторную всхожесть и энергию прорастания семян в среднем 2% по отношению к контролю (табл. 1).

Таблица 1– Влияние гуминового удобрения Биогумат на энергию прорастания, всхожесть семян и вегетативной массы проростков озимой пшеницы, 20 суток

Показатели	Варианты опыта		Отклонения от контроля, ±
	Контроль (вода)	Биогумат	
Энергия прорастания, %	77,4±0,5	81,2±0,8	+3,8
Всхожесть, %	84,3±1,2	88,0±0,8	3,7
Масса одного растения, г	0,61	0,71	0,10

Развитие проростков и накопление вегетативной массы растений было наилучшим в условиях применения Биогумата. Данные таблицы показывают, что прирост общей вегетативной массы одного растения пшеницы (г) при использовании Биогумата превышал контрольный вариант в среднем на 14,5%.

Динамика высоты (см) проростков пшеницы при применении Биогумата представлена в таблице 2. Биометрическая характеристика роста растений пшеницы к 20 дню развития показывает, что в условиях применения Биогумата высота растения значительно превышает контроль в среднем 23,4%.

Таблица 2 – Влияние гуминового удобрения Биогумат на рост и развитие растений озимой пшеницы, см

Продолжительность опыта, дни	Варианты опыта		Отклонения от контроля, ±
	Контроль (вода)	Биогумат	
5	6,5±0,4	7,6±0,5	1,1±0,3
10	11,5±0,2	14,2±0,2	2,7±0,2
15	18,5±0,4	22,6±0,3	4,1±0,3
20	27,4±0,3	33,8±0,4	6,4±0,3

Важным параметром, который характеризует развитие растений, является содержание в их тканях хлорофилла. Содержание хлорофилла в пересчете на ткань и вегетативную массу растения пшеницы при использовании Биогумата также было значительно выше контрольного варианта (табл.3). Увеличение уровня зеленого пигмента говорит об оптимизации условий выращивания, лучшим развитии фотосинтезирующего аппарата растений, что способствует формированию более высокой продуктивности и урожайности пшеницы.

Таблица 3 – Влияние гуминового удобрения Биогумат на содержание хлорофилла и каротина в проростках пшеницы

Содержание хлорофилла	Варианты опыта		Отклонения от контроля, ±%
	Контроль (вода)	Биогумат	
г/кг	3,21±0,3	3,79±0,02	18,0
мг/растение	1,75±0,03	2,57±0,03	46,8
НСР ₀₅	0,51	0,23	

Анализ данных в виде уравнения регрессии динамики высоты растений пшеницы на разных фонах питания показал, что для всех вариантов опыта коэффициент аппроксимации R^2 находится в пределах значения 0,96 – 0,98, что соответствует достоверной стабильно усиливающейся скорости роста растения, применение гумата стимулировало и увеличивало по отношению к контролю с водой длину зародышевого корешка на 8%.

Исследования в полевом опыте показали, что лабораторная всхожесть обработанных Биогуматом семян пшеницы оказалась на 2-4% выше контрольного варианта, раствор Биогумата стимулировал более раннее прорастание семян. На полевую всхожесть семян озимой пшеницы помимо гуминовых удобрений влияли погодные условия. Обработка семян раствором Биогумата положительно проявила себя, разница с контролем составила 9,9%.

Появление полных всходов семян, обработанных раствором гумата, отмечалось на 1-3 дня раньше, чем на остальных вариантах. Опережающий рост обработанных растений сохранялся до конца вегетационного периода. При этом различий прохождения фенологических фаз между вариантами применения гуминового удобрения (обработка семян и опрыскивание вегетирующих растений) не обнаружено.

Как и в лабораторном опыте, удобренные Биогуматом растения озимой пшеницы лучше усваивали световую энергию, необходимую для синтеза органических веществ, поскольку их хлоропласты содержали больше хлорофилла (таблица 4). При этом было отмечено, что азотная подкормка (вар. 2), обработка семян раствором гумата (вар. 4), а также последующее опрыскивание растений в фазу выхода в трубку (вар. 5) практически одинаково повлияли на содержание хлорофилла. Намачивание семян перед посевом чистой водой (вар. 3) на количество зеленых пигментов заметного влияния не оказало (табл. 4).

Таблица 4 – Влияние Биогумата на содержание хлорофилла в листьях озимой пшеницы

Варианты опыта	Фаза развития растений			
	Выход в трубку		Флаговый лист	
	мг на 1 г сухой массы	% к контролю	мг на 1 г сухой массы	% к контролю
Контроль (необработанные семена)	15,6	100	14,2	100
N ₃₀ подкормка (стандарт)	16,4	105	15,4	109
Обработка семян водой (10 л/т)	15,6	100	14,2	100
Обработка семян Биогуматом	16,5	106	15,3	108
Обработка семян Биогуматом + обработка посевов (кущение)	16,9	108	15,6	110
НСР ₀₅	0,6		0,5	

Было установлено, что применение Биогумата способствует замедлению скорости водоотдачи листьями озимой пшеницы (табл. 5). Так, на первом сроке определения (через 30 мин.) листья растений контрольного варианта потеряли влаги на 12,9% больше, чем на варианте 5. Увеличивала водоудерживающую способность листьев также подкормка азотными удобрениями (вариант 2) и обработка семян раствором гумата (вариант 4).

Таблица 5 – Влияние обработки семян и растений Биогуматом на скорость водоотдачи листьями озимой пшеницы

Варианты опыта	Количество воды, испарившейся из 1 кг сырых листьев, г			Нарастающим итогом, %		
	Период наблюдения			Период наблюдения		
	30 мин	60 мин	90 мин	30 мин	60 мин	90 мин
Контроль (необработанные семена)	204	257	350	58,9	73,8	100
N ₃₀ подкормка (стандарт)	177	219	316	56,7	69,8	100
Обработка семян водой (10 л/т)	207	270	358	58,4	75,8	100
Обработка семян Биогуматом	176	233	332	53,7	70,6	100
Обработка семян Биогуматом + обработка посевов (кущение)	176	228	324	55,0	70,8	100
НСР ₀₅	11	9	12			

Полученные данные свидетельствуют о том, что общее количество испарившейся с поверхности листьев воды за 90 мин. наблюдений на вариантах с применением Биогумата оказалось ниже, чем на контроле.

Положительное влияние гуминовых удобрений на формирование биомассы растений проявилось уже в фазу весеннего кушения: обработка семян гуматом (вар. 4-5) обеспечила в этот срок определения превышение над показателем контрольного варианта 16-17%. Такой же прирост на этом предшественнике обеспечило и внесение азотной подкормки (вар. 2). К концу вегетации различия между вариантами усилились. Максимум сухой биомассы перед уборкой отмечен на варианте 5, где гуминовые удобрения использовались для обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений.

Урожай зерна на контроле составил 2,37 т/га (табл.6). От внесения в подкормку N₃₀ (вар. 2) ее урожай повысился на 0,41 т/га. Такие же прибавки получены от обработки семян раствором Биогумата (вар. 4). Обработка семян водой (вар. 3) показала статистически несущественные результаты.

Таблица 6 – Влияние Биогумата на формирование урожая зерна озимой пшеницы, 2015 год

Варианты опыта	Урожай зерна в среднем, т/га	Прибавка	
		т/га	%
Контроль (необработанные семена)	2,37	-	-
N ₃₀ подкормка (стандарт)	2,78	0,41	17,3
Обработка семян водой (10 л/т)	2,48	0,11	4,6
Обработка семян Биогуматом	2,77	0,40	16,9
Обработка семян Биогуматом + обработка посевов (кущение)	2,92	0,55	23,2
НСР ₀₅	0,13		

Предпосевная обработка семян раствором Биогумата, а также однократное опрыскивание вегетирующих растений на урожай зерна озимой пшеницы повлияли равноценно. Применение этих приемов обеспечивало получение такой же прибавки урожая зерна, как и при внесении N_{30} в весеннюю подкормку.

При возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах Тверской области для получения урожая зерна 2,92 т/га рекомендуется: перед посевом обрабатывать семена Биогуматом из расчета 0,2 л препарата и 10 л воды на 1 т семян; по вегетирующим растениям производить обработку в фазу кушения из расчета 3,0 л препарата на гектарную норму расхода воды.

Список литературы

1. Демин В.В. Вероятный механизм действия гуминовых веществ на живые клетки / В.В. Демин, Терентьев В.А., Завгородняя Ю.А., Бирюков М.В. // В сб.: Материалы IV съезда Докучаевского общества почвоведов. Новосибирск, 2004. – С. 494.
2. Иванова Р.Г. Гуминовые удобрения – резерв повышения урожайности / Р.Г.Иванова // С.-х. вестник. – 2001. – № 1. – С. 21.
3. Мамеев В.В. Влияние гуминовых и минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы / В.В. Мамеев, И.В. Сычева, М.С. Сычев // *Агрохимический вестник*. 2015. - № 5. – С. 10-14.
4. Олива Т.В. Экологическая безопасность с.-х. технологий и управление качеством продукции на основе современных методов с.-х. биотехнологии // В кн.: Национальные проекты и сбережение нации. – М.: ИНИОН РАН. – 2008. – С. 365 – 368.
5. Олива Т.В. Использование хелатного микроудобрения и гумата в технологии выращивания тепличного огурца / Олива Т.В., Манохина Л.А., Кузьмина Е.А. // *Успехи современной науки и образования*. – 2016. – Т. 7. – № 12. – С. 139-144
6. Олива Т.В. Ресурсный потенциал производства и формирования оптимальной системы агротехнологии возделывания тепличных овощей в Белгородской области / Олива Т.В., Добрунова А.И., Простенко А.Н., Панин С.И. /РУКОНТ. – Белгород, ООО Центральный коллектор библиотек «БИБКОМ», 2017.– 132 с.
7. Драгунов С.С. Химическая характеристика гуминовых кислот и их физиологическая активность / С.С. Драгунов // *Гуминовые удобрения, теория и практика их применения*. – Киев: Урожай, 1980. – т. VII. – С. 5-21.
8. Иванов, А.А. Биологическая активность гуминовых кислот торфа, полученных методом механоактивации /А.А. Иванов, Д.А. Филатов / *Вестник ТГПУ*.– 2011. –№ 5. – С.131-133.
9. Негода, С.В. Роль удобрений гуматов в повышении плодородия почв / С.В. Негода, Р.А. Родителей // *Агрохимия*. – 2014. – № 3. – С. 34-36.
10. Жижина М.Н. Влияние биологически активных веществ на митотическую активность клеток корневой меристемы растений кукурузы и ячменя в условиях солевого стресса / Жижина М.Н., Кабузенко С.Н.// *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского*.– Сер. биология, химия.– Т.19(58).– 2006 –№ 4.– С. 80-85.
11. Ибрагимова Э.Э. Митотическая активность клеток корневой меристемы *Allium* сера L. при совместном действии пестицидов и тяжелых металлов /Ибрагимова Э.Э.// *Ученые записки Таврического национального*

- университета им. В.И.Вернадского. – Серия Биология, химия. – Т. 27 (66), 2014.- № 1. – С.56 – 63.
12. Смирнова Ю.В. Механизм действия и функции гуминовых препаратов /Ю.В.Смирнова, В.С. Виноградова // *Агрехимический вестник*. – 2004. – 1. – С.22 – 23.
13. Абрамова З.В. Практикум по генетике / Абрамова З.В., Карлинский О.А./ Учебники и учеб. пособия для высш. с.-х. учеб. заведений – 3-е изд. – Л: Колос. Ленингр. отдел, 1979. – 192 с.
14. Корягина Н.В., Корягин Ю.В., Ефремова С.Ю., Корягина Е.Ю. Оценка использования микробиологических удобрений в растениеводстве для обеспечения экологической безопасности//*XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2016. № 2 (30). С. 179-184.
15. Корягин Ю.В., Корягина Н.В., Ефремова С.Ю., Корягина Е.Ю. Микробиологические препараты как обеспечение экологичности аграрного производства// *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2016. № 2 (30). С. 29-34.
16. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В. Энзиматическая активность почвы при внесении минеральных удобрений и доломитовой муки// *Плодородие*. 2008. № 4. С. 19.
17. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В., Лебедева Т.Б. Способы повышения качества зерна в условиях антропогенного загрязнения почв// *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2008. № 4. С. 82-84.

УДК 631.461.5+633.358:633.11+631.95

**ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ-БЕЗОПАСНЫХ
БИОЛОГИЧЕСКИХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ
В РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

- © *Н.В. Корягина, Пензенский государственный аграрный университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *Ю.В. Корягин, Пензенский государственный аграрный университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *С.Ю. Ефремова, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *Е.Ю. Корягина, Пензенский государственный аграрный университет
(г. Пенза, Россия)*

**EVALUATION OF THE USE OF ENVIRONMENTALLY-SAFE BIOLOGI-
CAL BACTERIAL PREPARATIONS
IN RESOURCE-SAVING AGRICULTURE**

- © *N.V. Koryagina, Penza State Agrarian University (Penza, Russia)*
- © *J.V. Koryagin, Penza State Agrarian University (Penza, Russia)*
- © *S.Yu. Efremova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *E.J. Koryagina, Penza State Agrarian University (Penza, Russia)*

В полевом опыте проводилась оценка применения экологически-безопасных биологических бактериальных препаратов в ресурсосберегающем земледелии. Установлено, что инокуляция семян сельскохозяйственных культур микробными землеудобрительными препаратами

с добавлением соединений селена увеличивает количество клубеньков на корнях зернобобовых культур в 2 раза по сравнению с контролем (обработка семян водой) и от 16,4 до 21,7 % по сравнению с вариантом обработанным неселенизированным ризоторфином.

При создании благоприятных условий для бобоворизобиального симбиоза на корнях растений гороха и яровой вики формируется масса клубеньков соответственно от 128 кг/га до 285 кг/га, активный симбиотический потенциал от 2833 у гороха до 4797 кг. дней/га у яровой вики в фазу образования бобов. В результате улучшения азотфиксирующей способности повышается общая биомасса растений и накопление сухого вещества агроценоза зернобобовых культур.

Использование селенизированных бактериальных удобрений увеличивает высоту растений, массу зерна с одного растения у бобовых культур на 15-28 %, а у яровой пшеницы общую высоту растения и массу 1000 зерен в 17-22 % по сравнению с контролем. Применение бактериальных удобрений достоверно повышало урожайность зерна зернобобовых и зерновых культур. Наибольшее увеличение происходит при инокуляции семян селенизированным ризоторфином на 17 % гороха, 23 % яровой вики и 21 % яровой пшеницы по сравнению с контролем.

Ключевые слова: горох, яровая вика, яровая пшеница, биологические бактериальные препараты, ризоагрин, ризоторфин, агрофил, селенат натрия, продуктивность, структура урожая.

In the field experiment were evaluated the application of environmentally-safe biological bacterial preparations in resource-saving agriculture. It is established that the inoculation of seeds of agricultural crops for microbial semicapitalism drugs with the addition of selenium compounds increases the number of nodules on roots of leguminous crops in 2 times in comparison with the control (treatment of seeds by water) and from 16.4 to 21.7 % compared to the variant treated with rizotorfina desalination.

With the creation of favorable conditions for bobosadikova symbiosis on the roots of pea plants and spring Vicki is formed in the mass nodules respectively from 128 kg/ha to 285 kg/ha, the active symbiotic potential from 2833 pea to 4797 kg days/ha in spring wiki in the phase of pod formation. As a result of improved nitrogen-fixing ability increases overall plant biomass and dry matter accumulation of agrocenosis legumes.

Use silenzione bacterial fertilizer increases plant height, grain weight per plant legume crops in 15-28 %, while spring wheat total height of plant and weight of 1000 grains in 17-22 % in comparison with the control. Application of bacterial fertilizers significantly increased grain yield of leguminous and grain crops. The largest increase occurs by inoculation of seeds rizotorfina selenazoline a 17 % peas, 23% of spring wiki and 21% of spring wheat compared to control.

Key words: pea, spring vetch, spring wheat, biological, bacterial preparations, risogrin, risotorphine, agropol, sodium selenate, productivity, yield structure.

E-mail: bioekolog.pgsh@yandex.ru

Продуктивность основных сельскохозяйственных культур можно значительно расширить благодаря за счет использования биологического азота, т.к. это – единственный экологически чистый путь снабжения растений азотом, при котором принципиально невозможно загрязнение природной среды. В условиях развивающихся рыночных отношений при высокой стоимости минеральных удобрений это наиболее доступное средство повышения урожайности сельскохозяйственных культур, так как микробиологическая фиксация азота осуществляется за счет энергии Солнца, что позволит снизить энергозатраты в земледелии [1-14, 17-19].

Поэтому подбор новых более эффективных приемов адаптивно экологизированной технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях ухудшающейся экологической ситуации имеет не только теоретическое, но и практическое значение науки и аграрного производства [10, 14, 17, 20].

Уникальные функции микроорганизмов по фиксации атмосферного азота приобретают особое значение в связи с усилением антропогенного воздействия на агроэкосистемы и возможностью использования биологических механизмов питания растений. Это позволяет в будущем перейти от современного «химического» земледелия к конструированию агробиоценозов на биологической основе [1, 4, 7-11, 15-16, 18-20].

Микробиологами разработан ряд препаратов на основе ассоциативных групп бактерий, фиксирующих атмосферный азот [7, 11-12, 14].

Настоящая работа посвящена изучению влияния новых биологических бактериальных препаратов активизированных микроэлементами на продуктивность растений сельскохозяйственных культур экологическую безопасность АПК.

Изготовленные микробные земледобрильные препараты в условиях Общества с Ограниченной Ответственностью «Биофабрика» г. Кузнецка Пензенской области с добавлением соединений селена после лабораторных исследований были подвержены производственному испытанию на опытном поле ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет».

Проведенные научные исследования показали, что инокуляция семян гороха бактериальными препаратами увеличивает количество клубеньков в фазу цветения на корнях растений гороха в 1,8–2,1 раза по сравнению с контролем, где не проводили инокуляцию. Применение ризоторфин Б для гороха, активизированного соединениями селена при его изготовлении (ризоторфин + селен) увеличивает образование клубеньков на корневой системе гороха в 2,1 раза по сравнению с контролем (обработка семян перед посевом водой) и в 1,8 раза по сравнению с вариантом, где проводилась предпосевная инокуляция семян ризоторфин для гороха.

Максимальное развитие симбиотического аппарата происходит в фазу образования бобов у растений гороха. Обработка семян бактериальными препаратами способствует увеличению количества клубеньков на корнях растений гороха в 1,5–1,8 раза по сравнению с контролем, где не проводили инокуляцию водой. Применение ризоторфин Б для гороха, активизированного соединениями селена при его изготовлении, увеличивает образование клубеньков на корневой системе гороха на 82 % по сравнению с контролем и на 16,4 % по сравнению с вариантом, где проводилась предпосевная инокуляция семян неселенизированным ризоторфин для гороха.

При использовании ризоторфин для вики и селенизированного ризоторфин Б для вики для предпосевной обработки семян яровой вики наблюдается положительный эффект их воздействия. Наибольший процент увеличения количества клубеньков на корневой системе происходит на варианте с применением инокуляции ризоторфин Б для вики с добавкой селена. По сравнению с контрольным вариантом (обработка водой), в фазу образования бобов на растениях яровой вики этот показатель возрастает на 51,3 % (табл. 8). При обработке семян ризоторфин Б для вики без добавки селена количество клубеньков на корневой системе яровой вики составило только 24,3 %.

Процесс фиксации в симбиотической системе осуществляется в результате сложного взаимодействия микроорганизмов и высших растений.

Высшие растения выполняют роль накопителей продуктов фотосинтеза и поставщика энергии. Клубеньковые бактерии содержат нитрогеназу, который играет ключевую роль в круговороте азота в живом мире. Клубеньковые бактерии синтезируют витамины, стимуляторы роста и выделяют их в почву.

Бобово-ризобиальный симбиоз – это инфекция бобовых растений бактериями рода *Rhizobium*. Клубеньковые бактерии, живущие в почве, через корневые волоски проникают в клетки корня и начинают размножаться. Корневые волоски, разрастаясь, превращаются в клубеньки. Накопление массы клубеньков зависит от фазы развития растений и условий их выращивания.

Нашими исследованиями установлено, что масса клубеньков по фазам вегетации растений гороха была неодинаковой по всем вариантам опыта. Применение ризоторфин для гороха, активизированного соединениями селена при его изготовлении, увеличивает массу клубеньков на корневой системе гороха в 2 раза по сравнению с контролем и в 1,2 раза по сравнению с вариантом, где проводилась предпосевная инокуляция семян ризоторфин Б для гороха.

Максимального значения масса активных клубеньков достигла в варианте с инокуляцией семян гороха ризоторфин для гороха активизированного соединениями селена – 128 кг/га.

Наименьшая масса клубеньков была зафиксирована в варианте, где не проводилась обработка семян гороха бактериальными препаратами.

К фазе цветения агроценоз гороха на контроле сформировал 73 кг/га активных клубеньков, что на 54,3 кг/га и на 90 кг/га меньше по сравнению с вариантом, где проводили инокуляцию семян ризоторфин для гороха и селенизированным ризоторфин Б для гороха соответственно.

Для характеристики состояния бобово-ризобиального симбиоза за вегетацию используют показатель симбиотического потенциала.

В контрольном варианте величина АСП в среднем за три года исследования составила 1332 кг.дней/га, что в 1,7 – 2,1 раза меньше, чем в вариантах с инокуляцией. Наивысшего значения величина АСП достигла в варианте с обработкой селенизированным ризоторфином 2833 кг.дней/га.

Инокуляция семян яровой вики бактериальными препаратами оказывала положительное влияние на накопление массы клубеньков на корневой системе по фазам вегетации. Максимального значения масса клубеньков достигала в варианте с инокуляцией семян яровой вики ризоторфин Б для вики активизированного соединениями селена при его изготовлении 285 кг/га в фазу образования бобов. Наименьшая масса клубеньков была зафиксирована на варианте, где не проводили обработку семян яровой вики бактериальными препаратами. К фазе образования бобов агроценоз вики яровой на варианте с ризоторфин для вики сформировал 233 кг/га клубеньков, что на 64,7 кг/га больше по сравнению с контрольным вариантом (обработка семян водой), а по сравнению с вариантом, где проводили инокуляцию семян селенизированным ризоторфин Б для вики происходило снижение на 22 %.

Величина АСП в контрольном варианте (обработка семян яровой вики) в среднем за три года исследования составила 2783 кг.дней/га, что на 1006–2014 кг.дней/га меньше, по сравнению с вариантами где была проведена инокуляция семян биологическими препаратами ризоторфин для вики и ризоторфин Б для вики. Наивысшего значения величина АСП достигла в варианте с обработкой ризоторфин Б для вики, активизированного соединениями селена 4797 кг.дней/га.

Анализируя данные, полученные в процессе исследования влияния земледобрильных бактериальных препаратов на развитие симбиотического аппарата растений гороха и яровой вики, можно сделать вывод, что при применении селенизированного ризоторфин Б для гороха и ризоторфин Б для вики наблюдается положительный эффект.

Наши исследования, проведенные по изучению влияния бактериальных препаратов на продуктивность биомассы зернобобовых культур, показали, что наибольшую биомассу (42,8–43,9 т/га) накапливала яровая вика. Горох уступал ей на 4,4 т/га.

Прибавка зеленой массы от инокуляции семян бобовых культур составила у гороха 1,9–3,0 т/га, яровой вики 1,3–1,6 т/га. Наиболее высокий урожай биомассы обеспечивала инокуляция семян ризоторфин Б для гороха и ризоторфин Б для вики, активизированным селеном (гороха 41,2 и яровой вики 43,9 т/га), тогда как без обработки агроценозы гороха и яровой вики сформировали каждый в отдельности урожай общей биомассы меньше на 9 и 7 % соответственно.

Учет корневых остатков бобовых культур показал, что наибольшее их накопление происходило на варианте, где применяли инокуляцию ризоторфин Б для гороха и ризоторфин Б для вики, активизированным селенатом натрия, как у гороха, так и у яровой вики соответственно 17,8 и 16,7 т/га.

Наибольшая сухая биомасса у обеих бобовых культур формировалась на вариантах с применением землеудобрительных бактериальных препаратов от 10,6 до 13,0 т/га.

Наши исследования показали, что обработка семян зернобобовых культур ризоторфином и яровой пшеницы ризоагрином, как при отдельном использовании, так и при совместном с селеном повышает урожайность в среднем по зернобобовым культурам на 17,1–23,1 % и яровой пшеницы на 13,3–20,6 % по сравнению с контрольным вариантом.

Обработка семян гороха ризоторфином, активизированного соединениями селена при его изготовлении, дала прибавку урожая зерна по сравнению с контролем на 0,51 т/га (17,1 %), а при инокуляции ризоторфином на 0,30 т/га (10,0 %).

Яровая вика более отзывчива на предпосевную обработку семян бактериальными препаратами, чем горох, так как прибавка урожая зерна была получена на 13,1–23,1 % больше по сравнению с контрольным вариантом (обработка семян водой) и в 1,5–1,6 % больше по сравнению с горохом.

Под влиянием предпосевной инокуляции семян бактериальными препаратами ризоагрин и ризоагрин + селен урожайность яровой пшеницы увеличилась на 13,3–20,6 процент. Наилучший результат получен при использовании ризоагрин, активизированным селенатом натрия, где прибавка урожая зерна составила 0,48 т/га, что на 20,6 % больше по сравнению с контрольным вариантом (обработка семян водой).

Анализ структуры урожая показал, что масса зерна с одного растения меняется по годам и по вариантам. В среднем за три года масса зерна с одного растения на вариантах с инокуляцией семян гороха и яровой вики перед посевом была на 11,0–15,60 % больше, чем на контроле.

За годы исследований на вариантах с применением бактериальных препаратов наблюдалось закономерное увеличение таких показателей, как высота растения и масса зерна с одного растения.

Анализ элементов структуры урожая яровой пшеницы, показал, что на варианте с применением ризоагрин, активизированного соединениями селена общая высота растений была больше в 1,1–1,22 раза, чем на варианте с обработкой семян водой (контроль).

Положительное влияние бактериальных препаратов на прирост стебля и колоса яровой пшеницы, отражалось на массе 1000 зерен. Она была больше на варианте с применением ризоагрин, активизированного соединениями селена в 1,22 раза, чем на контроле (обработка семян водой).

На основании проведенных полевых исследований можно сделать следующие выводы: Инокуляция семян сельскохозяйственных культур микробными

землеудобрительными препаратами с добавлением соединений селена увеличивает количество клубеньков на корнях зернобобовых культур в 2 раза по сравнению с контролем (обработка семян водой) и от 16,4 до 21,7 % по сравнению с вариантом обработанным неселенизированным ризоторфином. При создании благоприятных условий для бобоворизобиального симбиоза на корнях растений гороха и яровой вики формируется масса клубеньков соответственно от 128 кг/га до 285 кг/га, активный симбиотический потенциал от 2833 у гороха до 4797 кг. дней/га у яровой вики в фазу образования бобов. В результате улучшения азотфиксирующей способности повышается общая биомасса растений и накопление сухого вещества агроценоза зернобобовых культур. Использование селенизированных бактериальных удобрений увеличивает высоту растений, массу зерна с одного растения у бобовых культур на 15-28 %, а у яровой пшеницы общую высоту растения и массу 1000 зерен в 17-22 % по сравнению с контролем. Применение бактериальных удобрений достоверно повышало урожайность зерна зернобобовых и зерновых культур. Наибольшее увеличение происходит при инокуляции семян селенизированным ризоторфином на 17 % гороха, 23 % яровой вики и 21 % яровой пшеницы по сравнению с контролем.

Список литературы

1. Блиохватов А.Ф., Иванов А.И., Корягин Ю.В., Салтанова И.А. Использование соединений селена в биотехнологии землеудобрительных бактериальных препаратов / В сборнике: *Селекция, семеноводство, экология. Сборник материалов научной конференции, посвященной 50-летию кафедры селекции и семеноводства Пензенской ГСХА и памяти академика Г.В. Гуляева.* – Пенза: РИО ПГСХА, 2004. – С. 134-136.
2. Блиохватов А.Ф., Иванов А.И., Корягин Ю.В., Салтанова И.А. Новое в использовании селена в биотехнологии землеудобрительных бактериальных препаратов / В сборнике: *Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Под редакцией: П. А. Власова.* – Пенза: РИО ПГСХА, 2003. – С. 6-8.
3. Блиохватов А.Ф., Иванов А.И., Корягин Ю.В., Рязанов А.П., Салтанова А.И. / Влияние соединений селена на агробактерии и клубеньковые бактерии / В сборнике: *Экологические аспекты интенсификации сельскохозяйственного производства. Материалы Международной научно-практической конференции: в 2 томах. Пензенская государственная сельскохозяйственная академия.* – Пенза: РИО ПГСХА, 2002. – С. 4-5.
4. Бирюлина Т.Н., Нышонкова К.В., Корягин Ю.В. Землеудобрительные препараты и продуктивность сои // *Научное обеспечение развития АПК России: Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции.* – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С.5-9.
5. Двойникова С.Д., Нышонкова К.В. Корягин Ю.В. Действие биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур // *Инновационные технологии в АПК: теория и практика. Сборник статей III Всероссийской научно-практической конференции.* – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 104-108.
6. Двойникова С.Д., Корягина Н.В. Продуктивность яровой пшеницы в зависимости от инокуляции семян биопрепаратами // *Экологические основы*

- прогрессивных технологий. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 37-41.
7. Девликамов М.Р., Корягин Ю.В. Обработка яровой пшеницы селенизированными биопрепаратами и микроэлементами // *Земледелие*. 2007. № 3. С. 42-43.
 8. Золоторева А.В., Дмитриева Ю.Н., Корягин Ю.В. Применение биопрепаратов при возделывании сои // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. Серия: Экология. – 2011. – № 1(1). – С. 134-137.
 9. Корягина, Н.В. Оценка использования микробиологических удобрений в растениеводстве для обеспечения экологической безопасности / Н.В. Корягина, Ю.В. Корягин, С.Ю. Ефремова, Е.Ю. Корягина // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. – 2016. – № 2 (30). – С. 179-184.
 10. Корягина Н.В., Улицкая Н.Ю. Мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения // *Нива Поволжья*. – 2014. – № 2 (31). – С. 22-27.3.
 11. Корягина Н.В. Применение сидеральных культур и биопрепаратов при возделывании сельскохозяйственных культур // *Научно-методический журнал XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. Периодическое научное издание. 2011. № 01. С. 118-121.
 12. Корягин Ю.В. Корягина Н.В. Значение бактериальных препаратов и сидератов в биологизированном картофелеводстве // *Нива Поволжья*. 2014. № 4 (33). С. 136-142.
 13. Корягин, Ю.В. Микробиологические препараты как обеспечение экологичности аграрного производства / Ю.В. Корягин, Н.В. Корягина, С.Ю. Ефремова, Е.Ю.Корягина // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2016. № 2(30). С. 29-34.
 14. Корягин Ю.В. Корягина Н.В. Экологическое обоснование приёмов действие комплексного применения органических удобрений и биопрепаратов на продуктивность картофеля в условиях пензенской области // *Научно-методический журнал XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. Периодическое научное издание. Серия: Экология. 2015. № 05(27). С. 146-152.
 15. Корягин Ю.В. Влияние биопрепаратов и микроэлементов на рост и развитие растений гороха // *Достижения науки и техники АПК*. 2009. № 5. С. 26-28.
 16. Лебедева Т.Б., Надежкина Е.В., Корягин Ю.В., Фомин С.В. Многолетние бобовые травы на зеленое удобрение // *Земледелие*. 1998. № 6. С. 12.
 17. Лебедева Т.Б., Корягин Ю.В. Трансформация биомассы сидеральных культур в черноземе выщелоченном // *Вестник Саратовского государственного университета им. Вавилова*. 2005 № 4 С. 17-19.
 18. Лебедева Т.Б., Надежкин С.М., Корягин Ю.В., Надежкина Е.В. Биологические средства повышения плодородия чернозема выщелоченного // *Нива Поволжья*. 2007. № 1 (2). С. 7-10.
 19. Надежкин С.М., Корягина Н.В. Режим органического вещества светлой лесной почвы при использовании зеленого удобрения // *Вестник Саратовского государственного университета им. Вавилова*. – 2005. – № 5. – С. 13-14.
 20. Надежкин С.М., Надежкина Е.В., Корягин Ю.В., Лебедева Т.Б., Корягина Н.В. Биологический азот в агроценозах лесостепи Среднего Поволжья / В сборнике: *Эколого-экономические проблемы лесостепных регионов. Материалы выездного заседания президиума РАЕН*. Российская академия

естественных наук, Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, Пензенский областной комитет по охране природы. – Пенза, 1997. – С. 202-212.

21. *Немакин П.И., Корягина Н.В. Использование биогазуса в условиях лесостепи Среднего Поволжья // Экологические основы прогрессивных технологий. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 81-86.*
22. *Плодородие почв и зеленое удобрение: монография / Т.Б.Лебедева, С.М. Надежкин, А.Ф. Ковлягин, Е.В. Надежкина, Ю.В. Корягин, Н.В. Корягина, Е.Н. Кузин: под ред. Т.Б. Лебедевой, С.М. Надежкина. – Москва – Пенза: Изд-во «Полиграфист», 1997. – 129 с.*

УДК 631:631.9:631.95

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА
В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ**

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

© *М.М. Визирская, ООО «ЕвроХим ТрейдингРус» (г. Краснодар, Россия)*

© *А.А. Андреев, ООО «ЕвроХим ТрейдингРус» (г. Краснодар, Россия)*

© *А.Н. Лиманский, ООО «ЕвроХим ТрейдингРус» (г. Краснодар, Россия)*

**THE SCIENTIFIC JUSTIFICATION FOR THE USE OF INDUSTRIAL
WASTES AS SECONDARY RESOURCES IN AGRICULTURAL
PRODUCTION**

© *N.I. Akanova, GNU VNI Agrochemistry named D. N. Pryanishnikov
(Moscow, Russia)*

© *M.M. Vizirskaja, LLC "Eurochem TrejdingRus" (Krasnodar, Russia)*

© *A.A. Andreyev, LLC "Eurochem TrejdingRus" (Krasnodar, Russia)*

© *A.N. Limansky, LLC "Eurochem TrejdingRus" (Krasnodar, Russia)*

Приведены результаты пяти лет исследований агроэкологической эффективности нейтрализованного фосфогипса на выщелоченном черноземе в богарном земледелии Краснодарского края. Установлено, что применение фосфогипса в дозах 2-6 т/га в сочетании с минеральными удобрениями «N₄₀K₄₀» для кукурузы и «N₂₀K₂₀» для сои, обеспечивает получение урожая зерна кукурузы 63,5-65,6 ц/га и сои 24,8-30,1 ц/га - практически равного с применением полного минерального удобрения «N₄₀P₆₀K₄₀» и «N₂₀P₄₀K₂₀», что соответственно на 14,1-11,0% и 15,3-27,1% больше в сравнении с контролем. Наиболее оптимальной была доза фосфогипса 4 т/га, при которой урожайность кукурузы и сои и все элементы структуры их урожая имели максимальные значения.

Ключевые слова: соя, кукуруза, урожайность, качество зерна, фосфогипс, плодородие почвы, выщелоченный чернозем, азот, фосфор, калий, минеральные удобрения

Shows the results of five years of research efficiency of phosphogypsum neutralized agricultural on vyshhelochennom soil in rainfed agriculture in the Krasnodar region. It is established that the application of phosphogypsum in doses of 2-6 t/ha in combination with mineral fertilizers "N₄₀K₄₀" for "N₂₀K₂₀" corn and soybean, ensures that grain corn -65.6 63.5 kg/ha and soy 24.8 -30.1 TS/hectares, almost equal with the use of the full mineral fertilizer "N₄₀P₆₀K₄₀" and "N₂₀P₄₀K₂₀" that -11.0 14.1% respectively and -27.1 15.3% more in comparison with control. The best was the dose of phosphogypsum 4 t/ha, where corn and soybean yields and crop them all structure elements have maximum values.

Key words: soy, corn, yield, grain quality, phosphogypsum, soil fertility, high-alkaline soil, nitrogen, phosphorus, potassium, fertilizers

E-mail: n_akanova@mail.ru

В настоящее время проблема отходов является актуальной экологической проблемой, так как, образуясь в огромных количествах, являются не только источником загрязнения окружающей среды, но и занимают большие площади плодородных земель [1,2,16,24]. Между тем, некоторые отходы обладают свойствами, обуславливающими возможность их эффективного экологически безопасного использования, что предопределяет интерес к отходам как вторичным материальным ресурсам, а их использование в сельскохозяйственном производстве приобретает важное агроэкологическое, экономическое и энергосберегающее значение [3-5,21-23].

Почвенный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации выявил обширные площади с низкой обеспеченностью почв фосфором, кальцием и серой [6,17,19,20]. Частично проблему повышения плодородия почв, улучшения режима питания, при одновременном регулировании физико-химических свойств почв, возможно, решить при использовании нейтрализованного фосфогипса (ФГ) – отхода при производстве фосфорной кислоты из апатитов [7; 8;18]. Применение фосфогипса позволит существенно снизить затраты на производство сельскохозяйственной продукции. Эффективное и экологически безопасное использование фосфогипса - решение проблемы рационального и безотходного использования природных ресурсов, улучшения экологической обстановки в регионе, экономически и агрономически эффективного повышения плодородия почв [9; 10].

Полевые опыты были проведены на опытном поле Кубанского ГАУ на черноземе выщелоченном, слабогумусном сверхмощном, который характеризуется высоким содержанием карбонатов и основных элементов питания: K_2O - 1,9-2,0%, P_2O_5 - 0,18 - 0,26% и серы (SO_3) - 0,05% [11]. Водно-физические свойства чернозёма выщелоченного характеризовались хорошей структурой, водопрочностью оптимальной для роста и развития растений. Плотность сложения лёссовидных пород 1,16- 1,4 г/см³, порозность 45-53%. Содержание физической глины, ила и крупной пыли варьирует слабо. Важным диагностическим показателем является отсутствие или ничтожное и сравнительно редкое содержание фракции крупнее 0,25 мм. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 2,81%, с глубиной постепенно снижается и в горизонте С на глубине 173-200 см достигает 0,6%. Содержание элементов питания в почве представлено в таблицах 1-2. Почва опытного участка имеет благоприятные водно-физические свойства и химический состав, и подходит для возделывания всех полевых культур [12].

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика чернозёма выщелоченного

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	Поглощенные катионы		Нг	ЕКО	V, %	рН	
			Са	Mg				H ₂ O	KCl
			мг-экв / 100г почвы						
Ап	0-30	2,81	30,60	11,21	2,52	44,33	94,3	6,4	5,3
А	30-60	2,39	31,51	10,91	1,82	44,24	95,9	6,4	5,3
АВ ₁	60-112	1,74	32,12	10,00	1,15	43,27	97,3	6,6	5,5
АВ ₂	112-150	1,46	34,24	7,27	0,76	42,27	98,2	6,9	5,7
В	150-174	1,14	33,03	8,48	-	41,94	100	7,7	5,8
С	174-200	0,64	27,27	8,48	-	36,04	100	8,1	6,2

Таблица 2 – Содержание элементов питания в черноземе выщелоченном

Горизонт	Глубина, см	Содержание элементов питания, мг/кг							
		NO ₃	NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Mn	Co
Ап	0-30	3,6	19,2	15,5	240	0,12	0,38	45,2	0,14
А	30-60	2,0	9,4	5,0	220	0,10	0,10	27,2	0,09
АВ ₁	60-112	2,8	13,1	5,0	210	0,12	0,08	19,3	0,08
АВ ₂	112-150	2,8	11,3	3,5	200	0,13	0,09	13,3	0,08
В	150-174	19,5	10,3	3,5	186	0,19	0,19	11,0	0,07
С	174-200	47,5	9,4	5,0	164	0,71	0,39	8,7	0,08

Погодные условия в годы проведения исследований в целом близки к средним многолетним и были благоприятны для роста и развития растений. Объектами исследования была соя (сорт Вилана) и кукуруза (гибрид Кубанский 250 СВ). Изучались дозы нейтрализованного фосфогипса 2; 4 и 6 т/га. Фосфогипс был внесен на поверхность почвы участка с последующей заделкой на глубину 10-15 см. Агротехника общепринятая для зоны достаточного, но неустойчивого увлажнения. Схема опыта включала 6 вариантов для каждой из культур, повторность опыта 3-х кратная.

Соя	Кукуруза
Контроль	Контроль
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀	N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀
N ₂₀ K ₂₀	N ₄₀ K ₄₀
N ₂₀ K ₂₀ + ФГ 2 т/га	N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 2 т/га
N ₂₀ K ₂₀ + ФГ 4 т/га	N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 4 т/га
N ₂₀ K ₂₀ + ФГ 6 т/га	N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 6 т/га

Ежегодно в период исследований вносили: аммонийную селитру (34% N), аммофос (12% N, 52% P₂O₅) и калий хлористый (60% K₂O). На делянках с ФГ вносили только азотные и калийные удобрения из расчета N₄₀K₄₀ на посеве кукурузы, и N₂₀K₂₀ – сои, полное минеральное удобрение вносилось ежегодно из расчета под кукурузу – N₄₀P₆₀K₄₀, сою - N₂₀P₄₀K₂₀.

Нейтрализованный фосфогипс содержит в своем составе (%): (CaSO₄·2H₂O) - 92-94%, кальция - 37, серы - 21, фосфор - 2, кремния - 1, в небольших количествах необходимые и незаменимые для жизнедеятельности растений макро-, мезо-, микро- и ультрамикроэлементы [13-14]. Свободную серную кислоту, содержащуюся в фосфогипсе, в стадии пульпы нейтрализуют

известковыми материалами, что позволяет скорректировать рН до благоприятных для окружающей среды нейтральных интервалах. Согласно химическому составу, ФГ можно использовать в качестве поликомпонентного удобрения, при его внесении в количестве 1 т/га в почву поступает (кг): Са- 265, S - 215, P₂O₅ - 20-45 и SiO₂ - 10. Отвалы фосфогипса в Краснодарском крае сконцентрированы в полутора километрах от завода Белореченские минеральные удобрения ОАО «ЕвроХим – БМУ» и достигают нескольких миллионов тонн, и продолжается дальнейшее его накопление в отвалах [15]. ФГ содержит ~ 0,47% общего фтора и 0,46% стабильного стронция. Содержание водорастворимых фторидов колеблется в широком интервале от очень малых величин – 0,0016-0,0042% до 0,02%. Фтор в ФГ находится в нерастворимом соединении с кальцием.

В проведенных многолетних исследованиях отмечено что на протяжении всего периода развития растений сои содержание минерального азота в почве было выше на вариантах, где применяли фосфогипс в сочетании с минеральными азотными и калийными удобрениями в дозе «N₂₀K₂₀+ ФГ 4т/га» и составило в слое 0-20 см 11,3-12,8 мг/кг, в слое 20-40 см 12,0 -12,5 мг/кг, на варианте «N₂₀K₂₀+ ФГ 6 т/га» его содержание составило 12,5-13,5 мг/кг и 12,3 -13,9 мг/кг соответственно по слоям почвы (табл.3).

Таблица 3 – Содержание минерального азота в выщелоченном черноземе в посевах сои, мг/кг

Вариант опыта	Глубина отбора образца, см	4–5листьев	Бобообразование	Полная спелость
Контроль	0-20	7,3	7,8	0,6
	21-40	6,0	7,8	0,6
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀	0-20	9,7	12,8	0,8
	21-40	10,3	12,5	1,2
N ₂₀ K ₂₀	0-20	5,0	6,5	0,6
	21-40	6,3	7,1	0,8
N ₂₀ K ₂₀ + ФГ 2 т/га	0-20	7,3	7,8	0,6
	21-40	6,0	7,8	0,6
N ₂₀ K ₂₀ + ФГ 4 т/га	0-20	11,3	12,8	0,8
	21-40	12,0	12,5	1,2
N ₂₀ K ₂₀ + ФГ 6 т/га	0-20	12,5	13,5	0,8
	21-40	12,3	13,9	1,2

Внесение в фазу 4-5 настоящих листьев «N₂₀P₄₀K₂₀» увеличило содержание доступных фосфатов на 26,5 мг/кг, а в вариантах «N₂₀K₂₀+ФГ 4 т/га», «N₂₀K₂₀+ФГ 6 т/га» соответственно – на 30,5 и 34,5 в слое 0-20 см и в слое 21-40 см – на 40,0 и 35,0 мг/кг в пахотном слое почвы (табл. 4).

Содержание, в фазе полной спелости сои, подвижных фосфатов в почве увеличилось по всем вариантам относительно их количества в фазе цветения – начало бобообразования, его было больше, где вносили «N₂₀K₂₀+ ФГ 4 - 6т/га»: в сравнении с контролем увеличение составило соответственно в слое 0-20 см на 47,5 и 55,0 мг/кг, в слое 21-40 см на 22,5 мг/кг.

Таблица 4 – Содержание подвижного фосфора в почве на посевах сои, мг/кг

Вариант	Глубина отбора образца, см	4–5-листьев	Бобообразование	Полная спелость
Контроль	0-20	132,5	72,5	160,0
	21-40	130,0	72,5	180,0
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀	0-20	159,0	75,0	197,5
	21-40	160,0	75,0	200,0
N ₂₀ K ₂₀	0-20	119,5	73,0	192,5
	21-40	132,0	93,0	205,0
N ₂₀ K ₂₀ +ФГ 2 т/га	0-20	135,0	72,5	180,0
	21-40	132,0	62,5	175,0
N ₂₀ K ₂₀ +ФГ 4 т/га	0-20	163,0	81,0	207,5
	21-40	170,0	75,0	202,5
N ₂₀ K ₂₀ +ФГ 6 т/га	0-20	167,0	89,0	215,0
	21-40	165,0	70,0	202,5

Содержание на контроле, обменного калия было наименьшим в фазу 4–5 листьев и начало образования бобов сои и составляло в слое 0-20 см 212,5 и 127,0 мг/кг и в слое 21-40 см – 143,8 и 75,0 мг/кг почвы. При внесении ФГ прослеживается положительная тенденция увеличения содержания обменного калия.

В 2012 году исследования показали, что на естественном уровне плодородия почвы получен урожай зерна сои 19,4 ц/га. Внесение «N₂₀P₄₀K₂₀» обусловило получение прибавки урожая зерна 2,2 ц/га или 11,3%. Применение ФГ способствовало повышению урожайности сои не только в сравнении с контролем, где прибавка в зависимости от дозы ФГ составила 1,8–5,4 ц/га, но и по отношению к варианту «N₂₀P₄₀K₂₀» – 1,8–3,2 ц/га. Наибольший результат получен при внесении ФГ в дозе 4 т/га - прибавка составила 27,8%, причем за счет ФГ - 22,2% (табл. 5).

Таблица 5 – Влияние фосфогипса в сочетании с минеральными удобрениями на урожайность сои (в среднем за 2012-2014 г.)

Вариант	Урожай зерна, ц/га		Сред. за 2 года, ц/га	Прибавка урожая			
	2012	2014		общая		от ФГ	
				ц/га	%	ц/га	%
Контроль	19,4	26,1	22,8	-	-	-	-
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀	21,6	29,1	25,4	2,6	11,4	-	-
N ₂₀ K ₂₀	20,3	26,7	23,5	0,7	3,1	-	-
N ₂₀ K ₂₀ +ФГ 2 т/га	21,2	28,5	24,9	2,1	9,2	1,4	6,0
N ₂₀ K ₂₀ +ФГ 4 т/га	24,8	30,1	27,5	4,7	20,6	4,0	17,1
N ₂₀ K ₂₀ +ФГ 6 т/га	23,4	30,8	27,1	4,3	18,9	3,6	15,3
НСР ₀₅ , ц/га	1,7	1,9					

В 2014 году урожайность сои на контроле составил 26,1 ц/га. Внесение «N₂₀P₄₀K₂₀» и «N₂₀K₂₀+ФГ 2 т/га» позволило получить практически одинаковый урожай зерна и составил 29,1 и 28,5 ц/га, прибавка была 3,0 и 2,4 ц/га или 11,5 и 9,2%. На вариантах «N₂₀K₂₀+ФГ 4 т/га» и «N₂₀K₂₀+ФГ 6 т/га» получен наибольший урожай зерна - 30,1 и 30,8 ц/га соответственно, прибавка к контролю составила 4,1 и 4,8 ц/га (табл. 5). Закономерности, выявленные за отдельные годы, нашли подтверждение при обобщении результатов учета урожая зерна: вариантами, в которых были созданы наилучшие условия питания растений

были «N₂₀K₂₀+ ФГ 4 - 6т/га», урожай зерна сои в среднем составил 27,5-27,1 ц/га соответственно, что на 20,6-18,9% больше в отношении к контролю.

Наибольший сбор белка отмечен в варианте «N₂₀K₂₀+ФГ 4т/га» и «N₂₀K₂₀+ФГ 6 т/га», где он составил соответственно 10,7 и 10,0 ц/га (табл. 6). Внесение ФГ способствовало увеличению содержания белка в зерне, и соответственно его сбору по сравнению с контролем на 0,77–2,9 ц/га или на 9,87–37,4%.

Таблица 6 – Качество зерна сои в условиях применения фосфогипса, в среднем за 2 года

Вариант опыта	Содержание белка, %		Сбор белка, ц/га				Масличность, %	Сбор масла	Прибавка
	2012	2014	2012	2014	ср. за 2 года	Прибавка			
	ц/га								
Контроль	40,0	38,1	7,8	9,9	17,7	-	19,8	3,84	-
N ₂₀ P ₄₀ K ₂₀	42,4	40,0	9,2	11,6	20,8	3,1	21,9	4,73	0,89
N ₂₀ K ₂₀	42,0	39,4	8,5	10,5	19,0	1,3	20,0	4,06	0,22
N ₂₀ K ₂₀ +ФГ 2 т/га	42,5	45,1	9,0	12,8	21,8	4,1	19,6	4,16	0,32
N ₂₀ K ₂₀ +ФГ 4 т/га	43,0	45,6	10,7	13,7	24,4	6,7	18,6	4,61	0,77
N ₂₀ K ₂₀ +ФГ 6 т/га	42,8	45,8	10,0	14,1	24,1	6,4	17,5	4,10	0,26
НСП ₀₅	1,10	2,2	-	-	-	-	0,15	-	-

В 2014 году были получены аналогичные закономерности. Максимальное и практически одинаковое содержание белка отмечалось на вариантах «N₂₀K₂₀+ФГ 4-6 т/га», сбор белка на этих вариантах наибольший и составил 13,7 и 14,1 ц/га соответственно. В среднем за 2 года прибавка сбора белка на вариантах с внесением фосфогипса была практически в 2 раза выше чем при внесении «N₂₀P₄₀K₂₀».

В исследованиях эффективности фосфогипса в посевах кукурузы было выявлено, что закономерности изменения содержания нитратного азота в почве в 1-ый год после внесения ФГ аналогичны выявленным в опыте с соей. Различия касаются количественных показателей, что обусловлено как разным временем учета, так и различной потребностью в азоте культур. На содержание аммонийного азота в почве действие ФГ под соей и кукурузой аналогично их влиянию на азот нитратный. Как и в посевах сои, наибольшее их количество отмечено в варианте с кукурузой «N₄₀K₄₀+ФГ 4 т/га», где оно было больше в сравнении с контролем соответственно в первой половине вегетации на 34,9% и 17%, в середине вегетации – 12,9 и 21,2%, и по завершению онтогенеза – на 30,0 и 35,8%.

Анализ содержания в почве минерального азота в 2014 году не выявил существенных различий вариантов с ФГ и N₄₀P₆₀K₄₀. В фазе выметывания различия по содержанию нитратного азота в почве составили 1,0–1,9% с преимуществом варианта «N₄₀P₆₀K₄₀» (табл. 7).

Таблица 7 – Динамика содержания минерального азота в почве в посевах кукурузы, мг/кг (2014 год)

Вариант	Фаза вегетации растений кукурузы					
	выметывание		появление початков		созревание	
	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄	NO ₃	NH ₄
Контроль	16,2	17,6	14,5	15,4	10,3	14,0
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	20,8	24,2	17,0	19,1	12,3	16,2
N ₄₀ K ₄₀	21,7	23,9	17,5	18,8	13,1	15,4
N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 2 т/га	20,5	23,8	16,4	19,0	12,6	16,0
N ₄₀ K ₄₀ +ФГ 4 т/га	20,6	24,5	17,6	19,4	13,3	16,2
N ₄₀ K ₄₀ +ФГ 6 т/га	20,4	24,1	17,2	19,1	13,1	16,1
НСР05, мг/кг	1,8	2,1	1,3	1,1	0,7	0,9

Выявлено положительное влияние мелиоранта на азотный режим почвы на фоне внесения 4 т/га ФГ не только в год внесения, но и на 2-й год последствия, что обусловило увеличение на 1,2% содержание аммонийного азота по сравнению с его количеством в варианте «N₄₀P₆₀K₄₀» в почве. При всех дозах ФГ в конце вегетации содержание нитратного азота было на 2,4–8,1% больше, чем в варианте «N₄₀P₆₀K₄₀».

Содержание подвижных соединений фосфора в почве постепенно уменьшалось от начала вегетации растений кукурузы к полному их созреванию. В 2012 году внесение «N₄₀P₆₀K₄₀» и ФГ было практически равноценным по содержанию подвижного фосфора в почве под кукурузой. На третий год последствия ФГ (2014 г.) при сравнении с вариантом «N₄₀P₆₀K₄₀» отмечены отличия по содержанию фосфора в почве в фазе выметывание и составили соответственно – +3,4, +10,2% и +12,8%, в фазе появления початков – - 4,3, +1,7% и +3,4%, созревания -1,0%, +5% и +13,7%. Выявлено преимущество внесения ФГ в дозах 4,0 и 6,0 т/га (табл. 8). Фосфогипс внесенный в дозе 4-6 т/га в значительной мере обеспечивает потребность растений кукурузы в фосфоре, содержание которого в почве было больше, чем в варианте «N₄₀P₆₀K₄₀».

Таблица 8 – Содержание подвижного фосфора в почве под посевом кукурузы, мг/кг

Вариант опыта	Фаза вегетации растений кукурузы					
	выметывание		появление початков		созревание	
	2012	2014	2012	2014	2012	2014
Контроль	180	105	130	90	100	85
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	210	117	146	117	120	102
N ₄₀ K ₄₀	196	109	132	98	108	89
N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 2 т/га	191	121	134	112	112	101
N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 4 т/га	201	129	140	119	120	107
N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 6 т/га	206	132	148	121	126	116
НСР05, мг/кг	11,2		7,4		9,1	

Исследования показали, что внесение нейтрализованного фосфогипса позволяет существенно снизить или вообще исключить применение фосфорных удобрений как минимум в 3-4 последующих года. На протяжении всего вегетационного периода кукурузы, при норме 4 т/га содержание подвижного фосфора в почве было на 1,0–1,7% меньше, чем в варианте с внесением P₆₀ в год исследования, а на фоне 6 т/га ФГ – на 0,8–3,9% больше.

Внесение удобрений позволило увеличить урожай зерна кукурузы в 2012 году на 3,2–7,7 ц/га или на 5,8–14,7 %. Наибольший урожай получен на фоне «N₄₀K₄₀+ФГ 4-6 т/га» - 62,5 и 61,4 ц/га соответственно. Прибавка урожая составила в сравнении с контролем 8,0-6,9 ц/га или 14,7-12,7%, что практически в 2 раза больше в сравнении с вариантом «N₄₀P₆₀K₄₀». Только за счет фосфогипса получена прибавка продукции 2,5-4,5 ц/га или 4,3-7,8%.

В 2014 году, учет урожая зерна кукурузы во всех вариантах с внесением удобрений и ФГ, показал что он был выше, чем в контроле на 5,8–9,6 ц/га или 9,6–15,9%. Наибольшая урожайность формировалась при внесении «N₄₀P₆₀K₄₀» и «N₄₀K₄₀+ФГ 4-6 т/га», которая на 9,6 -8,2 ц/га превышала контроль. Анализ урожайности кукурузы за два года возделывания подтвердил выявленные закономерности за отдельные годы исследований (табл. 9). Вариантами, в которых были созданы наилучшие условия питания растений кукурузы, как и в случае сои, были «N₄₀K₄₀+ФГ 4т/га» и «N₄₀K₄₀+ФГ 6т/га», урожай зерна составил 65,6-64,9 ц/га соответственно, что на 14,1-12,9% больше в сравнении с контролем.

Увеличение дозы до 6 т/га достоверного эффекта в увеличении урожая зерна кукурузы не дало, доза ФГ 4 т/га была оптимальной.

Таблица 9 – Урожайность кукурузы в условиях применения фосфогипса в сочетании с минеральными удобрениями, ц/га, (в среднем за 2012–2014 годы)

Вариант опыта	2012		2014		Среднее за 2 года		%
	урожай	прибавка	урожай	прибавка	урожай	прибавка	
	ц/га						
Контроль	54,5	-	60,4	-	57,5	-	
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	58,8	4,0	70,0	9,6	64,4	6,9	12,0
N ₄₀ K ₄₀	58,0	3,2	66,2	5,8	62,1	4,6	8,0
N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 2 т/га	60,5	5,7	66,4	6,0	63,5	6,0	10,4
N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 4 т/га	62,5	7,7	68,6	8,2	65,6	8,1	14,1
N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 6 т/га	61,4	6,6	68,3	8,0	64,9	7,4	12,9
НСР ₀₅	2,7		3,15				

Результаты по урожайности кукурузы и сои, убедительно доказали, что возможна замена фосфорных удобрений нейтрализованным фосфогипсом обладает пролонгированным действием, и с агроэкономической точки зрения это эффективно и выгодно. При использовании ФГ в сочетании с азотными и калийными удобрениями можно получать равноценный урожай зерна кукурузы и сои, как и при внесении соответственно «N₄₀P₆₀K₄₀» и «N₂₀P₄₀K₂₀».

Применение удобрений в дозе «N₄₀P₆₀K₄₀» способствовало увеличению содержания в зерне кукурузы белка на 1,02% и крахмала на 0,06%, а на фоне ФГ – на 1,14–1,77% и 0,03–0,10% соответственно в зависимости от его дозы. Наилучшими вариантами для обеспечения качества зерна кукурузы были «N₄₀K₄₀+ФГ 4-6 т/га», которые характеризовались большим содержанием белка и крахмала и соответственно прибавкой сбора белка на 1,35–1,79 ц/га и крахмала на 0,05-0,1 ц/га.

Таблица 10 – Качество зерна кукурузы

Вариант опыта	Содержание, %		Сбор, ц/га		Масса 1000 зерен, г
	сырой белок	крахмал	белка	крахмала	
Контроль	8,58	0,46	4,68	0,25	295
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	9,60	0,52	5,62	0,30	315
N ₄₀ K ₄₀	9,46	0,49	5,52	0,29	303
N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 2 т/га	9,72	0,50	5,88	0,30	311
N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 4 т/га	10,35	0,56	6,47	0,35	325
N ₄₀ K ₄₀ + ФГ 6 т/га	9,82	0,49	6,03	0,30	328
НСР ₀₅	0,51	0,03			10

При сочетании азотных и калийных удобрений и ФГ создавалось сбалансированное минеральное питание, которое обеспечило формирование выполненного зерна с наибольшей массой 1000 зерен: 325-328 г, что на 10-13 г больше в сравнении с вариантом с полным минеральным удобрением (табл. 10).

Таким образом, нейтрализованный фосфогипс обладает пролонгированным действием. Его внесение в дозе 4 т/га в сочетании с азотными и калийными удобрениями позволяет получать урожай зерна кукурузы равный с вариантом с полным минеральным удобрением в дозе «N₄₀P₆₀K₄₀».

В условиях применения нейтрализованного фосфогипса и различных доз минеральных удобрений, оценка изменений агрохимических параметров плодородия почв показала, что в течение вегетации кислотность почвенного раствора изменялась в широких пределах (табл. 11).

Таблица 11 – Динамика pH почвенного раствора в условиях применения фосфогипса

Вариант	До посева	Фаза вегетации растений		
		кущение	выметывание	созревание
N ₀ P ₀ K ₀	6,41	5,68	5,73	6,24
N ₄₀ K ₄₀	6,41	5,67	5,84	6,32
N ₄₀ P ₆₀ K ₄₀	6,41	6,00	5,91	6,34
N ₄₀ K ₄₀ +ФГ 2 т/га	6,41	6,02	5,97	6,38
N ₄₀ K ₄₀ +ФГ 4 т/га	6,41	6,06	6,08	6,34
N ₄₀ K ₄₀ +ФГ 6 т/га	6,41	6,05	6,04	6,38
НСР, ед. pH	0,2	0,15	0,20	0,13

Сравнительная оценка, позволила заключить, что благодаря высокому содержанию в верхнем слое почвы кальция и магния внесение ФГ не оказывает подкисляющего действия на почву, а напротив, оказывает стабилизирующее действие на уровень кислотности почвы на четвертый год его последствия. По вариантам опыта динамика реакции почвы в различные фазы развития растений, хотя имели одинаковую закономерность, но величины pH достоверно различались. Исследуемый выщелоченный чернозем характеризуется высоким содержанием поглощенных оснований, в слое 0 - 20 см на контроле его величина достигает 30,6 мг-экв/100 г, на долю поглощенного Са приходится 79% в верхнем горизонте почвы. Сумма оснований увеличивается, и содержание Са, при внесении ФГ в дозе 4,0 т /га достигает 33,7 мг-экв/100 г почвы, и его доля в сумме оснований возрастает до 87%, при увеличении дозы ФГ до 6,0 т/га показатели увеличиваются соответственно до 35,1 мг-экв/100 г почвы и 89,9%.

Изменения содержания оснований по почвенному профилю до 2,0 м в исследованиях, свидетельствует о том что независимо от применяемых удобрений, максимальное содержание кальция обнаруживается в слое почвы 112-150 см, а магния на глубине 30-112 см. С увеличением дозы ФГ возрастают потери обменных Са и Mg: при дозе 4,0 т/га содержание Mg в слое 60-112 см доходило до 8,14 мг-экв/100 г. Поступление в почву Са с его сернокислыми и углекислыми соединениями в составе ФГ обеспечивает стабилизацию кальциевого режима.

Вопросы поступления и накопления фтора, содержание которого в ФГ составляет в среднем 0,24-0,46%, в почвы и растения, а также механизмы превращения его соединений мало изучены. Исходное валовое содержание его в почвах колеблется от 79 до 152 мг/кг, и в почву может поступить до 10-12 кгF/га при внесении 6,0 т ФГ. Аккумуляция фтора происходит в слое почвы 20-40 см, что обусловлено большим содержанием карбонатов, в силу его способности образовывать при взаимодействии с кальцием флюорит. Поэтому можно предполагать, что при внесении ФГ фтор взаимодействует с кальцием, осаждается в виде флюорита и закрепляется в почве. Следуя этой гипотезе, 95-98% поступающего фтора связывается в труднорастворимые соединения, практически не доступные для растений.

При внесении фосфогипса в дозе 2-6 т/га, в исследованиях, повышения содержания подвижного фтора в почве не выявлено. В пахотном горизонте практически не отличалось его содержание от контроля в опыте и фонового содержания в почвах района и составляло 0,75 -0,87 мг/кг почвы (при НСР₀₅=0,29), что не превышает уровня допустимых пределов ПДК. Установлено, что практически фтор не мигрировал по профилю почвы, не наблюдалось накопления водорастворимого фтора с увеличением глубины, что косвенно указывает на слабое участие гумуса в фиксации фтора. На 3-ий год после внесения ФГ происходило снижение концентрации F до 0,5-0,6 мг/кг. Приведенные сведения свидетельствуют о том, что концентрации фтора находящиеся в ФГ, не смогут оказать негативное влияние на рост растений и формирование качества зерна культур на экологическое состояние почв.

Применение, в условиях богарного земледелия Краснодарского края на выщелоченном черноземе, нейтрализованного фосфогипса способствует решению экологической проблемы региона – созданию безотходного производства с высоким КПД использования сырьевых ресурсов и обеспечения питательных веществ, утилизации многотоннажного отхода в качестве экологически безопасного и высокоэффективного мелиоранта.

В заключение можно отметить, что применение «N₂₀₋₄₀P₄₀₋₆₀K₂₀₋₄₀» и фосфогипса в сочетании с минеральными удобрениями «N₂₀₋₄₀K₂₀₋₄₀+ ФГ 4-6т/га» по действию на азотный, фосфатный и калийный режим почвы равнозначно. Оптимальной дозой способствующей созданию лучших условий минерального питания, следует признать 4 т фосфогипса на гектар. Нейтрализованный фосфогипс обладает пролонгированным действием, не обнаружено затухающего действия ФГ и после 4-ех лет его использование в дозах 4-6 т/га в сочетании с «N₂₀₋₄₀K₂₀₋₄₀» равноценно применению полного минерального удобрения «N₂₀₋₄₀P₄₀₋₆₀K₂₀₋₄₀» без ущерба для урожайности сои и кукурузы.

Список литературы

1. *Бабоходжиев И.И. Эффективно использовать богатство недр// Химизация сельского хозяйства. – 1989. – №12. – С. 41-44.*

2. Аканова Н.И. Фосфогипс нейтрализованный-перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия (по материалам семинаров ОАО «МКХ» ЕвроХим») // *Плодородие*. – 2013. – №1(70). – С. 2–7.
3. Ангелова М.А. Динамика и прогноз мирового производства фосфатного сырья// *Хим. пром.* 1997. – № 3. – С. 15–22.
4. Ангелов Л.И., Левин Б.В., Черненко Ю.Д. Фосфатное сырьё. М.: Недра, 2000. – 120 с.
5. Беглов Б.М., Жакеев М.К. Перспективы производства фосфора удобрений и солей различного назначения на основе ЭФК//*Хим. промышленность*. – 2002. – №6. – С. 21-23.
6. Доклад директора Департамента растениеводства химизации и защиты растений Минсельхоза России П.А. Чекмарева на Всероссийском агрономическом совещании. 10.03.2015
7. Байбеков Р. Ф., Шильников И.А., Аканова Н.И., Шеуджен А.Х. Научно-практические рекомендации по применению фосфогипса нейтрализованного в качестве химического мелиоранта и серного удобрения, М: ВНИИА. – 2012. – 43 с.
8. Белюченко И.С., Добрыднев Е.П., Муравьев Е.И. Экологические особенности фосфогипса и целесообразность его использования в сельском хозяйстве//*Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства*, 2010. С. 13–22.
9. Бородин А. И. Перспективы применения фосфогипса в Тюменской области// *Земледелие*. –1981. – № 10. – С. 49–50.
10. Дзикович К.А., Семенихин В.В., Ахмедов А.А. Фосфогипс – удобрение и мелиорант на сероземах Средней Азии // *Исследования использования фосфогипса*. Тр. / НИУИФ. – 1989. – Вып. 256. – С. 60–75.
11. Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Трубилин И.Т. и др. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана. Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 1995. – 192 с.
12. Агеев В.В., Чернов А.П., Куйдан А.П. и др. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур на юге России – Ставрополь: ГСХА, 1999. – 113 с.
13. Локтионов М.Ю. Экологические аспекты применения нейтрализованного фосфогипса на лугово-черноземной почве в сельскохозяйственном производстве Краснодарского края. Автор. канд. дисс., М. – 2013. – 24 с.
14. Лиманский А.Н. Агроэкологическая эффективность применения нейтрализованного фосфогипса в богарном земледелии. Автореф. канд. дисс. М:ВНИИА, 2017, 24 с.
15. Муравьев Е.И., Добрыднев Е.П., Белюченко И.С. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // *Экологический вестник Северного Кавказа*. – 2008. – Т.4. – №1. – С. 31–39.
16. Куликова Е.Г., Ефремова С.Ю. Использование отходов деревоперерабатывающего производства в сельском хозяйстве // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2014. № 1 (17). С. 103–109.
17. Ефремова С.Ю., Шарков Т.А., Лукьянец О.В. Экологический мониторинг загрязнения почв // *Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского*. 2011. № 25. С. 568-571.
18. Локтионов М.Ю., Шильников И.А., Шеуджен А.Х., Аканова Н.И., Ефремова С.Ю. Экологическая и агроэкономическая эффективность применения

- нейтрализованного фосфогипса в земледелии // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2015. № 5 (27). С. 134–146.
19. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В. Энзиматическая активность почвы при внесении минеральных удобрений и доломитовой муки // *Плодородие*. 2008. № 4. С. 19.
 20. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В., Лебедева Т.Б. Способы повышения качества зерна в условиях антропогенного загрязнения почв // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2008. № 4. С. 82–84.
 21. Аканова Н.И., Ефремова С.Ю., Жиленко С.В., Зеленев Н.А., Шарков Т.А. Химическая мелиорация, как фактор обеспечения экологической безопасности черноземных почв // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2016. № 2 (30). С. 82–92.
 22. Шильников И.А., Аканова Н.И., Ефремова С.Ю., Лунина Н.Ф. Экологические аспекты повышения эффективности химической мелиорации почв // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2014. № 5 (21). С. 114–122.
 23. Шильников И.А., Кирпичников Н.А., Аканова Н.И., Зеленев Н.А., Лунина Н.Ф., Ефремова С.Ю. Эколого-агрохимические и природоохранные аспекты эффективности химической мелиорации почв // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2014. № 1 (17). С. 67–73.
 24. Шарков Т.А., Ефремова С.Ю. Управление экологической безопасностью в области снижения образования отходов производства // *Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского*. 2012. № 29. С. 405–407.

УДК 631.452

**ОЦЕНКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ
В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

© *Е.Г. Куликова, Пензенский государственный аграрный университет
(г. Пенза, Россия)*

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

**EVALUATION OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGY
OF AGRICULTURE IN ENSURING ECOLOGICAL SAFETY**

© *E.G. Kulikova, Penza State Agrarian University (Penza, Russia)*

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

В статье рассмотрено внедрение энергосберегающей системы земледелия, в основе которой лежит отказ от применения минеральных удобрений, пестицидов и от пахоты почвы, заменив ее минимальной обработкой. Освоение новой системы дало возможность с относительно меньшими затратами решить проблему повышения плодородия почвы. При данной технологии обработки почвы за 12-летний период содержание повысилось содержание гумуса и обменного калия в почве. Однако произошло снижение подвижного фосфора и повысилась кислотность почвы. В целом при использовании энергосберегающей технологии земледелия складывается положительный энергетический баланс.

Ключевые слова: энергосберегающая технология, баланс гумуса и питательных веществ, агрохимические показатели, биологическая активность почвы, коэффициент минерализации.

In the article the introduction of energy-saving farming systems based on the renunciation of the use of fertilizers, pesticides and ploughing of the soil, replacing it with minimal processing. Mastering the new system gave an opportunity with relatively lower cost to solve the problem of increasing the fertility of soil. The processing technology of soil for the 12-year period increased content and Exchange potassium content of humus in the soil. However, there was a decrease of rolling phosphorus and soil acidity. In General, when you use energy-efficient technology of agriculture develops a positive energy balance.

Key words: energy saving technology, the balance of humus and nutrients, agrochemical indicators, soil biological activity, ratio of mineralization.

E-mail: kuleg@mail.ru

В наши дни хозяйственная деятельность ориентирована на получение экономической выгоды от вложения средств в освоение технологии, современную технику и прочего. В кризисных ситуациях, связанных с энергетическими и финансовыми проблемами важным условием является переход на ресурсо-энергосберегающие технологии производства аграрной продукции представляющих основу современных интенсивных систем земледелия [7,8]. Энергосберегающая технология производства комплекс физических, механических и химических воздействий на агроэкосистему и окружающую среду направленный на получение продукции с наименьшими затратами труда и средств.

Весьма актуальным с экологической точки зрения, ввиду уменьшения запасов энергопроизводящего сырья является внедрение ресурсосберегающих технологий. Снижение плодородия почвы, загрязнение окружающей среды пестицидами есть результат недооценки экологических факторов [5,11].

Основой ресурсосбережения является снижение затратности обработки почвы как наиболее трудоемкого процесса в земледелии. Эффективность может быть достигнута внедрением техники нового поколения, сокращающей технологические операций и минимизацией обработки почвы, обеспечением увеличения продуктивности культивируемых растений, повышением эффективности использования природных возобновляемых ресурсов. Механизированные технологии возделывания основных культур, применяющиеся в большинстве хозяйств, многооперационны, где каждая операция выполняется отдельными машинами. Этим обусловлена напряженность технологических процессов, многочисленность технических средств и операций, и скромные результаты по сокращению затрат труда и росту производства продукции.

В Пензенской области в 1982 году начали переходить на биологическую систему земледелия. Основой этого стали отказ от применения минеральных удобрений, пестицидов, пахоту почвы заменили минимальной обработкой [10]. Также специализированные севообороты короткой ротации с высоким удельным весом чистых паров (30-33%), использование соломы зерновых культур в качестве удобрений и пожнивно-корневых остатков.

Пожнивные остатки, остающиеся на поверхности почвы, защищают почву от водной и ветровой эрозии, снижают испарение влаги с ее поверхности, увеличивают накопление влаги за счет атмосферной ирригации, оттеняя почву. Кроме того, за счет проявления аллелопатического действия при разложении пожнивных остатков и корневой системы, нетронутой почвообрабатывающими машинами, подавляется сорная растительность. Происходит увеличение популяции дождевых червей и микроорганизмов, улучшается инфильтрация почвы и оптимизируется размер почвенных агрегатов за счет активизации микробиологических процессов. Увеличивается содержание гумуса, улучшается ферментативная активность, что способствует повышению количества подвижного

фосфора. Пожнивные остатки обеспечивают углеродное питание азотфиксирующих бактерий и других микроорганизмов, способствующих росту естественного плодородия.

В хозяйстве «Пугачевское» агротехническая роль стерни очень высока, особенно в малоснежные зимы с сильными ветрами. На полях со стерней снега накапливается в 2-3 раза больше, чем при традиционной обработке. Уборка озимых и яровых культур производится комбайнами с измельчителями. Источником пополнения органических веществ почвы выступает солома и является носителем углерода, служащего материалом для образования гумуса почвы, и углекислоты, улучшающей условия воздушного питания растений, а также одеялом земли. Сохраняет и удерживает почвенную влагу, что является главным фактором получения хорошего урожая в наших засушливых условиях. Измельченная солома, в весенне-летний период, является отражателем солнца и под ней растения переносят засуху лучше, чем на черной отвальной земле. В зимнее время солома вместе со снежным покровом защищает почву от значительного промерзания.

При заделывании 1 тонны измельченной соломы в почву поступает 8,5 кг азота, 3,8 кг фосфора, 13 кг калия и значительное количество микроэлементов. После уборки возделываемых культур за счет пожнивно-корневых остатков и внесения соломы в почву хозяйства остается в среднем около 100 кг азота, 40 кг фосфора, 150 кг калия на 1 га убранной площади, что способствует получению на этих площадях высокого урожая и сохранению плодородия почвы. Учитывая, что при урожайности 32 ц/га, принимая соотношение зерна к соломе 1:2, вносится около 12000 т соломы в год. Также за год в землях хозяйства за счет пожнивно-корневых остатков накапливается около 180 т азота, 60 т фосфора, 240 т калия. Поскольку на гектар вносится до 300 кг NPK, в целом хозяйству необходимо около 900 тонн. И эта технология дает возможность повысить рентабельность до 300 % и сэкономить свыше 10 миллионов рублей.

Как показывает многолетняя практика, освоение новой системы земледелия дало возможность хозяйству решить проблему повышения плодородия почвы с относительно меньшими затратами [9,10]. Получен сертификат №1-9.10, подтверждающий соответствие требованиям стандартов «Об экономическом сельском хозяйстве, экологическом природопользовании и соответствующей маркировке экономической продукции» [10].

Целью работы являлось изучение влияния минимальной обработки почвы на её агрохимические свойства. В задачи исследований входило: изучить динамику основных агрохимических показателей почвенного плодородия; определить накопление питательных веществ с пожнивно-корневыми остатками и соломой; определить баланс питательных веществ; определить биологическую активность почвы; рассчитать коэффициент минерализации органического вещества; рассчитать энергетический баланс в хозяйстве по содержанию гумуса.

Обследованные почвы представлены выщелоченными черноземами, глинистыми по механическому составу и темно-серыми лесными тяжелосуглинистыми. Бонитет почвы – 84, оценочный балл по зерновым культурам 34,5 и 28,8 соответственно. Почвы в целом характеризуются среднекислой реакцией почвенного раствора низким содержанием подвижного фосфора, высоким и повышенным содержанием обменного калия и гумуса. Естественное плодородие почв позволяет хозяйству получить урожай зерновых и зернобобовых культур 13-15 ц/га, сахарной свеклы – 90-120 ц/га, многолетних трав на сено – 22-24 ц/га.

Решение поставленных задач осуществляется путем анализа данных трех циклов почвенно-агрохимического и эколого-токсикологического обследования четырех полей на основных типах почв хозяйства и лабораторных исследований. Обследование земель хозяйства проводилось агрохимической службой с 1976 года и по настоящее время по аккредитованным методикам [1].

Показателем биологической активности почвы была выбрана численность микроорганизмов, ассимилирующих органические и минеральные формы. Исследования проводились методом посева из разведений почвенных суспензий на плотные питательные среды: микроорганизмы, использующие органические формы азота, выращивались на мясопептонном агаре (МПА), использующие минеральные формы азота – на крахмалоаммиачном агаре (КАА). Коэффициент минерализации рассчитывали по соотношению численности микроорганизмов этих двух групп (КАА/МПА). Энергетический баланс рассчитывали по содержанию гумуса.

Систематическое обследование 4 полей в хозяйстве позволило установить определенную закономерность изменения агрохимических показателей (табл. 1, 2).

Таблица 1 – Динамика агрохимических показателей опытных полей

№	Основные агрохимические показатели	Годы проведения агрохимических обследований				
		1998	2005	2007	2008	2009
Поле № 3						
1	Фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг почвы	46,2	42,0	63,0	61,9	49,8
2	Калий (K ₂ O), мг/кг почвы	83,9	129,6	132,9	142,5	158,0
3	Кислотность pH _{кел}	5,0	4,8	4,8	5,1	4,9
4	Гумус, %	7,3	8,3	8,0	6,9	7,6
5	Гидр. кислотн., мг-экв/100 г	10,56	8,08			7,31
6	Сумма поглощ. осн, мг-экв/100 г	30,6	35,4			35,4
7	Степ. насыщ. основаниями, %	74,4	81,4			84,9
Поле № 10						
1	Фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг почвы	51,4	34,0	52,3	55,0	45,3
2	Калий (K ₂ O), мг/кг почвы	106,9	92,1	127,9	153,0	128,6
3	Кислотность pH _{кел}	4,9	4,8	4,9	4,9	4,8
4	Гумус, %	7,9	8,2	7,9	7,2	7,6
5	Гидр. кислотн., мг-экв/100 г	10,38	7,11			6,48
6	Сумма поглощ. осн, мг-экв/100 г	29,8	34,2			31,4
7	Степ. насыщ. основаниями, %	74,1	82,8			85,2
Поле № 11						
1	Фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг почвы	55,8	46,5	53,6	-	38,1
2	Калий (K ₂ O), мг/кг почвы	128,5	126,8	135,3	-	148,0
3	Кислотность pH _{кел}	4,9	4,8	4,8	-	4,7
4	Гумус, %	7,3	8,1	7,8	-	8,4
5	Гидр. кислотн., мг-экв/100 г	10,29	7,62			6,07
6	Сумма поглощ. осн, мг-экв/100 г	31,3	35,5			32,5
7	Степ. насыщ. основаниями, %	75,3	82,3			84,2
Поле № 12						
1	Фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг почвы	75,0	49,7	54,0	52,0	42,3
2	Калий (K ₂ O), мг/кг почвы	101,4	140,0	111,4	105,0	131,0
3	Кислотность pH _{кел}	5,4	4,8	4,9	4,9	4,7
4	Гумус, %	7,2	7,5	7,4	6,5	7,3
5	Гидр. кислотн., мг-экв/100 г	6,89	6,29			6,03
6	Сумма поглощ. осн, мг-экв/100 г	29,8	33,9			29,9
7	Степ. насыщ. основаниями, %	80,9	83,1			83,1

Анализ данных показал, что при данной технологии обработки почвы за 12-летний период содержание гумуса в почве увеличилось на 5,4 %, обменного калия – на 34,3 %. Однако произошло снижение подвижного фосфора на 23,3% и повысилась кислотность почвы (все поля из слабокислых перешли в группу среднекислых) [2, 6].

Существующая в хозяйстве технология не может в полной мере восполнить потери фосфора и кальция, который определяет непосредственно степень кислотности почвенного раствора. Возврат их в почву с соломой и пожнивными корневыми остатками не покрывает их расход, постоянно отчуждающихся с урожаем. Для восполнения недостатка этих элементов не реже одного раза в 4-5 лет необходимо вносить в почву фосфорные удобрения и известковые материалы.

Ценным фосфорно-калийным удобрением, содержащим кроме того около 30 микроэлементов, способным за счет входящей в ее состав извести подщелачивать почву является зола. В промышленных масштабах использование древесного зольного остатка малораспространенный способ повышения плодородия почвы, применяется в основном в личных подсобных хозяйствах. Однако хозяйства, имеющие соответствующие объемы образующихся зольных остатков деревопереработки, могут использовать их как биологический ресурс для повышения почвенного плодородия [3, 4].

Таблица 2 – Динамика основных агрохимических показателей по циклам обследования

Циклы агрохимического обследования	Фосфор (P ₂ O ₅), мг/кг почвы	Калий (K ₂ O), мг/кг почвы	Кислотность рН _{кел}	Гумус, %
1998 год	57,1	105,1	5,0	7,4
2009 год	43,8	141,4	4,8	7,8
Отклонение (+/-), ед.изм.	-13,3	+36,0	-0,2	+0,4
Отклонение (+/-), %	-23,3	+34,3	-4,0	+5,4

Содержание гумуса в почве, как природного соединения, подвержено динамике. Оно уменьшается от весны к осени, а от осени до весны восстанавливается до исходного уровня. Изменение содержания гумуса по сезонам и годам есть свойство почвы, как закономерность ее развития. Расход гумуса в почвах складывается из его минерализации при возделывании сельскохозяйственных культур, паровании полей и эрозионных процессов [9].

Для формирования урожая зерновых культур минерализуется 0,4-1,0 т/га гумуса, за счет чего в почву переходят доступные формы азота, фосфора, калия, кальция, магния и микроэлементов. В чистых парах потеря гумуса в зависимости от гранулометрического состава может составлять более 1,8 т/га.

Восстановление гумуса и сохранение его на исходном уровне является обязательным условием поддержания устойчивого потенциала почв. Компенсация потерь гумуса происходит за счет разложения пожнивных и корневых остатков всех сельскохозяйственных культур и внесения органических удобрений.

При формировании 1 т урожая основной продукции озимых культур в почве остается более 2 т/га сухой массы растительных остатков, ячменя -1,8, овса – 2,0, однолетних трав – 1,4, многолетних трав – 2,7 т/га.

В структуре посевов в хозяйстве в 2015 году из 7966 га пашни 2899 га занято зерновыми и зернобобовыми культурами, в том числе 1000 га – озимые

зерновые, 1899 га – яровые зерновые, многолетние травы – 1117 га, однолетние травы – 158 га, площадь паров – 3792 га. Расчет баланса гумуса представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет баланса гумуса

Культура	Площадь, га	Урожайность, ц/га	Расход гумуса на формирование урожая, т		Накопление гумуса, т		Баланс гумуса, т	
			на 1 га	на всей площади	на 1 га	на всей площади	на 1 га	на всей площади
Всего по зерновым	2899	17,5	1,0	2899	2,7	7827	+1,7	+4928
Однолетние травы	158	29,0	1,0	158	0,9	142	-0,1	-16
Многолетние травы	1117	40,0	-	-	2,4	2681	+2,4	+2681
Чистый пар	3792	-	1,8	6826	-	-	-1,8	-6826
Итого	7966			9883		10650		+767

Расчёты показали, что наибольшая потеря гумуса в хозяйстве происходит в чистых парах за счет их больших площадей. Однако его потеря компенсируется накоплением под посевами зерновых культур и многолетних трав. В целом по хозяйству складывается положительный баланс гумуса.

Научная организация земледелия должна предусматривать не только бездефицитный баланс гумуса, но и расширенное его воспроизводство. В хозяйстве основной путь компенсации минерализованного гумуса в почве – это использование соломы и пожнивно-корневых остатков по соответствующей технологии, содержание питательных веществ в которых представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание питательных веществ в соломе и пожнивно-корневых остатках

№	Культура	Содержание питательных веществ, %					
		в соломе			в пожнивно-корневых остатках		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Зерновые, в среднем	0,85	0,38	1,3	0,64	0,28	1,17
2	Однолетние травы				0,88	0,28	1,79
3	Клевер (сено)				2,1	0,41	2,1
4	Многолетние бобовые травы (сено), в среднем				1,66	0,4	1,27

Солома и многолетние травы на семена после уборки заделываются в почву в хозяйстве «Пугачевское», на небольшую глубину, где при достаточном доступе кислорода быстро разлагаются. При глубокой заделке, в практически анаэробных условиях, образуются летучие жирные кислоты, неблагоприятно воздействующие на корневую систему растений. Традиционно применяющиеся при глубокой заделке соломы азотные удобрения, для ускорения процесса разложения, в хозяйстве исключаются полностью.

Сохранение плодородия полей в хозяйстве происходит за счет самих возделываемых культур. Применяемая технология возделывания создала условия для разрушения ранее существующей плужной подошвы, что дает возможность для глубокого проникновения корневой системы растений. Также использованию зольных питательных элементов, таких как - фосфор и калий по всему

профилю почвы, включая материнскую породу и накоплению их в слое 0-25 см. Отсутствие плужной подошвы обеспечивает подток влаги за счет способности почв, с глубины шести метров поднятие в пахотный горизонт таких элементов как кальций и магний.

Таким образом, за счет более обширной деятельности корневой системы растений, осуществляется дополнительное пополнение запасов элементов питания в почве. Баланс питательных веществ в хозяйстве за пятилетний период представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Баланс питательных веществ

№ поля, площадь	Чередование с/х культур	Урожайность, ц/га	Баланс питательных веществ, кг/га			
			всего	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
III 141	оз.пшеница	30	+7,0	-1,2	+0,9	+6,3
	ячмень	20				
	ч.пар	-				
	оз.пшеница	36				
	овес+клевер	22				
X 131	овес	22	+4,5	+1,5	+0,5	+2,5
	ч.пар	-				
	оз. пшеница	15				
	ч.пар	-				
	оз. пшеница	31				
XI 274	овес+клевер	22	+115,8	+85,0	+1,8	+29,0
	клевер 1 г.п.	250				
	клевер 2 г.п.	250				
	ч.пар	-				
	оз. пшеница	41				
XII 188	ч.пар	-	+5,2	-1,8	+0,8	+6,2
	оз. пшеница	32				
	ячмень	20				
	ч.пар	-				
	оз.пшеница	38				

Анализ данных говорит о том, что в среднем складывается за пятилетний период положительный баланс питательных веществ. Однако на полях без участия в севообороте бобовых культур наблюдается отрицательный баланс азота и низкий фосфора.

Одним из важнейших показателей плодородия почвы является ее биологическая активность, связанная с жизнедеятельностью микроорганизмов. Бактерии посредством молочнокислого, маслянокислого и спиртового брожения осуществляют синтез витаминов, ферментов, фиксацию атмосферного азота, превращение органического вещества, гумуса и др. В свою очередь актиномицеты активно участвуют в разложении растительных остатков в почве, освобождении углеводов и органических кислот из углеродосодержащих соединений и аммиака из азотсодержащих веществ. А также способны восстанавливать нитраты в нитриты, участвуют в минерализации гумуса, продуцируют токсины и тем самым, играют важную роль в равновесии микрофлоры. Они преимущественно аэробы, длительное время сохраняются в сухой почве и легко переносят дефицит влаги. Распространены в почвах с нейтральной или слабощелочной реакцией среды, но их относительно немного в легких по гранулометрическому составу почвах.

Грибы в отличие от бактерий имеют высокую биохимическую активность, хорошо развиваются в условиях высокой кислотности, в связи с чем их удельный вес в кислых почвах сильно возрастает, но хорошо растут и в нейтральной среде, предпочитают влажную среду и устойчивы к высыханию, аэрация способствует росту их численности. Чем ниже плодородие почвы, тем относительно большую роль в них играют грибы.

По мнению Е.Н. Мишустина и О.И. Пушкинкой актиномицеты являются активными структурообразователями в почве, а бактерии снижают агрегированные почвы, подавляя их развитие.

Численность микроорганизмов, усваивающих минеральный азот и выявляемых на КАА, указывает на наличие минеральных форм азота и интенсивность минерализационных процессов органического вещества. Микроорганизмы, выявляемые на МПА, тяготеют к нетрансформированному органическому веществу, это аммонифицирующие микроорганизмы, осуществляющие с помощью протеолитических ферментов минерализацию белков с выделением содержащегося в них азота в форме аммиака. Соотношение численности микроорганизмов этих двух групп (КАА/МПА) дает возможность судить об относительной интенсивности минерализационных процессов в почве.

Анализ показал, что поступление в почву органического вещества в виде пожнивного сидерата и соломы обуславливало не только накопление гумуса, но и активизацию почвенной микрофлоры (табл.6).

Таблица 6 – Интенсивность минерализации органического вещества по соотношению аммонификаторов и минерализаторов

№ поля	май			август		
	Числ. аммонификаторов (на МПА), млн/г почвы	Числ. минерализаторов, (наКАА), млн/г почвы	Коэффиц. минерализации КАА МПА	Числ. аммонификаторов (на МПА), млн/г почвы	Числ. минерализаторов, (наКАА), млн/г почвы	Коэффиц. минерализации КАА МПА
№ 3	16,6	11,8	0,71	14,3	11,4	0,80
№ 10	14,1	11,2	0,80	11,6	11,0	0,95
№ 11	17,4	11,3	0,65	15,1	10,7	0,71
№ 12	14,9	11,1	0,75	12,6	11,7	0,93

Коэффициент минерализации, как и содержание гумуса в почве является динамичным показателем, но имеет обратную зависимость: увеличивается от весны к осени до 0,85, а от осени до весны снижается до 0,73. Отмечалось в течение вегетации значительное изменение численности группы микроорганизмов аммонификаторов, определяющих аккумулятивный характер разложения органических веществ. Численность минерализаторов в течение вегетации оставалась относительно постоянной. Таким образом, обеспечивается сбалансированность процессов минерализации и гумификации в пахотном слое почвы, что способствует закреплению гумуса.

Энергоэффективность земледелия определяется как разность энергетического содержания продукции растениеводства и совокупных энергозатрат на ее получение. Гумусовый горизонт является главным носителем энергетического потенциала пахотных земель и его величину можно установить на основе данных о мощности гумусового горизонта, содержания гумуса, калия, фосфора,

азота и других микроэлементов, предопределяющих урожайность культур. Энергетический баланс анализируемой технологии представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчет энергетического баланса

Культура	Площадь, га	Баланс гумуса, т		Баланс энергии, ГДж	
		на 1 га	на всей площади	на 1 га	на всей площади
Всего по зерновым	2899	+1,7	+4928	+35,7	+103494,3
Однолетние травы	158	-0,1	-16	-2,1	-331,8
Многолетние травы	1117	+2,4	+2681	+50,4	+56296,8
Чистый пар	3792	-1,8	-6826	-37,8	-143337,6
Итого	7966		+767		+16121,7

Расчет энергетического баланса по накоплению гумуса показал, что наибольшее количество энергии накапливается в хозяйстве под многолетними травами, а наименьшее – в чистом пару. В целом по хозяйству складывается положительный энергетический баланс, который составляет 16121,7 ГДж.

Таким образом, становится очевидным, что применение энергосберегающей технологии без использования удобрений и пестицидов позволяет сохранять и воспроизводить почвенное плодородие, а также получить экологически чистую продукцию.

Список литературы

1. *Агрохимическая характеристика почв и динамика почвенного плодородия по опытным полям в ТНВ «Пугачевское» Мокшанского района // Отчет ФГУ ГЦАС «Пензенское». – Пенза, 2004. – 27 с.*
2. *Куликова Е.Г. Влияние минимальной обработки почвы на её агрохимические свойства в условиях ТНВ «Пугачевское» Пензенской области / Е.Г. Куликова // «Агропромышленные технологии Центральной России»: Периодическое научное издание.- Елец: Изд-во Елецкого гос. ун-та, 2017. –Выпуск 2 (№ 4). – С. 53-60.*
3. *Куликова Е.Г. Древесный зольный остаток в биологизации земледелия/ Е.Г. Куликова // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в АПК: теория и практика». – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2013. – С.110-113.*
4. *Куликова Е.Г., Ефремова С.Ю. Использование отходов деревоперерабатывающего производства в сельском хозяйстве // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2014. № 1 (17). С. 103-109*
5. *Куликова Е.Г. Контроль за использованием и состоянием земель сельскохозяйственного назначения в Пензенской области/ Е.Г. Куликова, Г.С. Великанова // Материалы международного научно-практического форума, посвященного 95-летию основания факультета и кафедры землеустройства Государственного университета по землеустройству «Актуальные проблемы обеспечения современного землеустройства». – М.: ГУЗ, 2014. – С. 741-745.*
6. *Куликова Е.Г. Мониторинг основных агрохимических показателей почвенного плодородия при технологии сберегающего земледелия / Е.Г. Куликова // Материалы III международной научно-практической конференции «Проблемы и мониторинг природных экосистем». – МНИЦ ПГСХА. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – С.89-93*

7. Куликова Е.Г. Сохранение плодородия почв Пензенской области как основа продовольственной безопасности России/ Е.Г. Куликова, Г.С. Великанова // *Продовольственная политика и безопасность*, 2(2), 77–86. doi: 10.18334/ppib.2.2.566.
8. Куликова Е.Г., Ефремова С.Ю. Мониторинг земель сельхозназначения выбывших из оборота // «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего_{плюс}»: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та., 2017, – № 01 (35). – С. 71-79.
9. Лагуткин Н.В. Разумное земледелие / Н.В. Лагуткин. – Пенза, 2013. – 116 с.
10. Шугуров А.И. Технология больших возможностей: опыт ведения сельскохозяйственного производства в ТНВ «Пугачевское» / А.И. Шугуров. – Пенза, 2003. – 36 с.
11. Шаркова С.Ю., Надежкина Е.В. Энзиматическая активность почвы при внесении минеральных удобрений и доломитовой муки// *Плодородие*. 2008. № 4. С. 19.

УДК 331.453:349.23/24

К ПРОБЛЕМЕ ОБ ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОЧИХ МЕСТ

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

THE PROBLEM ON SAFETY ASSESSMENT JOBS

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

В статье рассматриваются особенности правового регулирования спецоценки условий труда рабочих мест как одной из основных гарантий обеспечения здоровых и безопасных условий труда, анализируются положения российского трудового законодательства о применении правил специальной оценки условий труда и проведении процедуры спецоценки.

Ключевые слова: охрана труда, спецоценка условий труда на рабочем месте, безопасные условия труда, условия труда по степени вредности и опасности.

The article considers the peculiarities of legal regulation of Specocenka working conditions of jobs working time as one of the main guarantees of a healthy and safe working conditions, analysis of the provisions of Russian labor legislation on the use rules special assessment of working conditions and the procedure of Specocenka.

Key words: labor protection, spetsotsenka working conditions in the workplace, safe working conditions, working conditions in the degree of hazard and danger.

E-mail: suchilkinaev@yandex.ru

Ежегодно 28 апреля весь мир отмечает Международный день охраны труда. Между тем проблема соблюдения норм безопасности на предприятиях и в учреждениях (организациях), забота об охране труда остается приоритетным направлением для любой цивилизованной страны.

По статистическим данным в России в целом и в Пензенском регионе с каждым годом становится все меньше людей, погибших на производстве. За последние пять лет количество ситуаций с летальным исходом в целом по России снизилось на 39%. В Пензенском регионе снижение произошло на 29,1% [1].

Эксперты отмечают, что работа в сфере охраны труда должна ориентироваться на предупреждение событий, а не на реагирование на них уже постфактум. Но большинство работодателей расходы на безопасность воспринимают как затраты, не приносящие доходы, а ведь инвестиции в безопасность со временем приносят ощутимые материальные блага!

Именно поэтому с 2013 года в России действует Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ [4]. Нормы данного закона обязывают работодателей проводить на каждом рабочем месте СОУТ, не реже чем один раз в пять лет, это требование пришло на смену процедуры аттестации рабочих мест по условиям труда.

Соблюдая требования Федерального закона от 28.12.2013 N 426-ФЗ, сегодня все больше руководителей компаний убеждаются в том, что забота о здоровье сотрудников экономически выгодна. Вложения в полисы ДМС, спортивные абонементы, создание безопасных рабочих мест для сотрудников – все эти меры способствуют тому, что сотрудники меньше берут больничные листы, дорожат своей работой, повышается производительность труда.

К сожалению, лидерами в создании комфортных условий труда остаются европейские компании, которые практикуют позицию «нулевой терпимости» к нарушению техники безопасности. При этом, крайне важно, чтобы культура безопасности не заканчивалась рабочим местом.

С октября 2016 года действует ряд государственных стандартов по управлению производством. Минтруд России предлагает использовать риск-ориентированный подход при проведении проверок работодателей, в частности предлагается регламентировать:

порядок отнесения работодателей к категории риска, в зависимости от показателя потенциального риска причинения вреда охраняемым ценностям в сфере труда (жизнь и здоровье работников, иные права и законные интересы работников), порядок принятия решения об изменении категории риска на более высокую или более низкую;

периодичность проведения плановых проверок работодателей в зависимости от категории риска:

– для категории чрезвычайно высокого риска – один раз в календарном году,

– высокого риска – один раз в 2 года,

– значительного риска – один раз в 3 года,

– среднего риска – не чаще чем один раз в 4 года,

– умеренного риска – не чаще чем один раз в 5 лет (в отношении работодателей, отнесенных к категории низкого риска, плановые проверки не проводятся);

– порядок ведения Рострудом перечня работодателей, которым присвоены категории риска.

С 1 января 2014 года в Трудовой кодекс России внесена поправка в соответствии с которой условия труда на рабочем месте необходимо включать в трудовой договор [5]. В том случае если инспектор не найдет этой информации в документе, предприятию выдается предписание об исправлении. Тот факт, что работник устроился работать раньше 2014 года, не освобождает компанию от этой обязанности. Договор все равно нужно дополнить этим условием (решение Фрунзенского районного суда г. Саратова

от 28 июня 2016 г. по делу 12-136/2016, письмо Роструда от 20 ноября 2015 г. № 2628-6-1; Письмо Федеральной службы по труду и занятости от 20 ноября 2015 г. № 2628-6-1) [3].

Основными нормативными актами, определяющие необходимость установления соответствия безопасности условий труда на рабочих местах, являются:

Закон № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 г., определяющий сроки, в течение которого нужно провести спецоценку нового рабочего места и изучить классы условий труда на рабочем месте;

Приказ Минздравсоцразвития России от 17 декабря 2010 г. № 1122н, устанавливающий нормы выдачи работникам смывающих и обезвреживающих средств.

Если спецоценка условий труда рабочего места не проводилась, работникам кадровой службы предписывается прописывать в договоре общие характеристики рабочего места.

Определить условия труда на рабочем месте «на глазок» работодатель не может. Ему нужно организовать спецоценку. Но когда речь идет о новом рабочем месте, то у него есть год, чтобы ее провести (ч. 2 ст. 17 Закона № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 г.). Однако до этого момента в трудовом договоре все равно нужно зафиксировать, в каких условиях работает сотрудник. В этом случае достаточно прописать общие характеристики рабочего места, например, следующим образом: ... "Работнику предоставляется рабочее место в кабинете у окна, рабочий стол, стул. Работник осуществляет работу с использованием компьютера и оргтехники"...

Таким образом, к таким общим характеристикам можно отнести описание рабочего места, используемое оборудование и особенности работы с ним (письмо Минтруда России от 14 июля 2016 г. № 15-1/ООГ-2516) [2].

После того как в компании проведут спецоценку, в данное положение договора необходимо внести исправления, уточнения, есть ли вредность на рабочем месте сотрудника или условия являются допустимыми. Для этого составляется дополнительное соглашение, в котором излагается необходимый пункт трудового договора в новой редакции.

В большинстве случаев Закон о спецоценке позволяет провести ее поэтапно до 31 декабря 2018 года (ч. 6 ст. 10 Закона № 426-ФЗ). Некоторые организации до сих пор используют результаты аттестации рабочих мест. В этом случае, согласно рекомендациям представителей Роструда, в тексте трудового договора можно указать условия труда из карты аттестации.

Трудовое законодательство закрепляет основания, когда спецоценку условий труда необходимо провести, даже когда у компании есть действующие результаты аттестации: в случае переезда компания в другой офис и, соответственно, перевода работников на новые рабочие места; по требованию государственного инспектора о проведении спецоценки, если он выявил нарушения в процедуре аттестации; при установке работодателем нового оборудования, которое повлияет на уровень воздействия на работников вредных факторов (ст. 17 Закона № 426-ФЗ, письмо Роструда от 20 ноября 2015 г. № 2628-6-1). Во всех перечисленных случаях в обязательном порядке проводится процедура спецоценки рабочих мест и корректируется условие в трудовом договоре с помощью дополнительного соглашения.

Когда у работодателя есть результаты специальной оценки условий труда, трудовой договор нужно дополнить информацией из отчета организации, которая ее проводила. При проведении спецоценки условий рабочих мест составляется карта специальной оценки условий труда, в которой указывают условия труда на определенном рабочем месте, а также перечень гарантий и компенсаций, которые положены работнику. При необходимости соответствующая информация также вносится в трудовой договор.

Спецоценка – это комплекс последовательных мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных производственных факторов и оценке уровня их воздействия на работника. По результатам спецоценки устанавливают классы и подклассы условий труда на рабочих местах.

В настоящее время выделяют следующие классы (подклассы) условий труда на рабочем месте в зависимости от вредности и (или) опасности (ст. 14 Закона № 426-ФЗ):

1. 1-й класс – оптимальные условия труда;
2. 2-й класс – допустимые условия труда;
3. 3-й класс – вредные условия труда:
 - подкласс 3.1 – вредные условия труда 1-й степени;
 - подкласс 3.2 – вредные условия труда 2-й степени;
 - подкласс 3.3 – вредные условия труда 3-й степени;
 - подкласс 3.4 – вредные условия труда 4-й степени.
4. 4-й класс – опасные условия труда.

Задача инспекторов – проверка на соответствие информации, отраженной в документации компании, закону. Необходимо вносить сведения в трудовой договор, используя ту же формулировку, что и в законе и карте.

Компенсации и гарантии, которые положены за работу во вредных/опасных условиях труда, прописываются в трудовом договоре или соглашении отдельно от тех гарантий, которые не зависят от условий труда работника.

До сих пор возникают вопросы о необходимости включения в договор с дистанционным работником условий труда на рабочем месте. С одной стороны, при дистанционной работе стационарное рабочее место не создается (ст. 312.1 ТК РФ). В связи с этим спецоценку не проводят, и условия труда на рабочем месте фактически прописать нельзя. С другой стороны, статья 57 Трудового кодекса не делает исключений касательно обязательных условий трудового договора. В ответ на запрос в Роструд с помощью сайта онлайнинспекция.рф представители ведомства предложили прописать в договоре дистанционного сотрудника такую формулировку: «в соответствии с частью 3 статьи 3 Федерального закона от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ работодатель не проводит специальную оценку условий труда и в связи с этим не представляется возможным указать в трудовом договоре условия труда на рабочем месте» [6]. Чтобы исключить риски претензий проверяющих, необходимо внести такое условие в трудовой договор дистанционного сотрудника.

Подводя итоги, отметим особенности применения новых правил о спецоценке условий труда рабочих мест, соответствие рабочих мест безопасным условиям на производстве:

1. Условия труда на рабочем месте нужно вписать в трудовой договор, даже если сотрудник устроился на работу до 2014 года.

2. Если на рабочем месте сотрудника еще не проводили спецоценку, устанавливается обязанность работодателю внести в договор общие характеристики рабочего места.

3. Актуальные данные аттестации рабочих мест можно указывать в договоре. Но если работодатель поменял технологический процесс, нужно проводить спецоценку.

Если не проведена специальная оценка условий труда, предписанная нормами трудового законодательства, штраф для компаний составляет от 60 000 до 80 000 руб., а для руководителя и предпринимателя — от 5000 до 10 000 руб. (ст. 5.27.1 КоАП РФ).

Мероприятиями, направленными на улучшение условий труда по итогам спецоценки, могут быть:

1. модернизация или приобретение новых средств индивидуальной и коллективной защиты;
2. реорганизации рабочих и рекреационных зон;
3. замена производственного оборудования;
4. компенсационные выплаты за работу во вредных условиях труда, которые были установлены по итогам специальной оценки (классы условий труда 3.1 - 4);
5. штрафы.

К оценке условий труда на предприятии можно привлекать только те организации, которые отвечают требованиям Главы 3 Федерального закона от 28.12.2013 № 426-ФЗ. В настоящее время ведется список организаций, которые могут проводить специальную оценку условий труда (сайт Минтруда и соцзащиты).

СОУТ дает дополнительные возможности для сотрудников. В частности, они получают право на льготные выплаты, к примеру, пенсию. Таким образом, спецоценка дает преимущества как руководству предприятия, так и каждому отдельному сотруднику. Компания получает широкие возможности для своего развития. СОУТ оказывает положительное влияние на общую государственную трудовую систему.

Список литературы

1. *Минтруд России подвел итоги 2016 года по охране труда // Труд-Эксперт. Управление. Онлайн сервис №1 для управления охраной труда в организации / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.trudcontrol.ru/press/news/25860/mintrud-rossii-podvel-itogi-2016-goda-po-ohrane-truda> (Дата обращения: 16.03.2017).*
2. *Письмо Министерства труда и социальной защиты РФ от 14 июля 2016 г. № 15-1/ООГ-2516 О внесении изменений в трудовой договор по результатам проведения специальной оценки условий труда // Правовой сайт Консультант Плюс / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения: 24.10.2017).*
3. *Письмо Федеральной службы по труду и занятости от 20 ноября 2015 г. № 2628-6-1 О новом порядке проведения специальной оценки условий труда // Правовой сайт Консультант Плюс / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения: 24.10.2017).*
4. *Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 01.05.2016) "О специальной оценке условий труда" // Российская газета. 2013. N 295.*

5. Трудовой кодекс Российской Федерации // Правовой сайт Консультант Плюс / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения: 24.04.2017).
6. Защищаем права работников и интересы работодателей // Сайт онлайн-инспекция.рф / [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: [http:// https://xn--80akibcicpdbetz7e2g.xn--p1ai/](http://https://xn--80akibcicpdbetz7e2g.xn--p1ai/) (Дата обращения: 23.10.2017).

УДК 661.122

**ОЦЕНКА ИНГИБИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ АНТИОКСИДАНТОВ
НА ПРОЦЕССЫ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ПОРЧИ
ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА «ОБЛЕПИХОВОЕ МАСЛО,
СУППОЗИТОРИИ РЕКТАЛЬНЫЕ 500 МГ»**

- © *М.А. Марынова, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *Е.Е. Полунина, НОЦ ПАО «Биосинтез» (г. Пенза, Россия)*
- © *С.В. Мезина, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

**EVALUATION OF THE INHIBITING ACTION OF ANTIOXIDANTS
ON THE PROCESSES OF OXIDATING DAMAGE OF THE MEDICAL
DRUG "SEA BUCKTHORN OIL, RECTAL SUPPOSITORIES, 500 MG"**

- © *M.A. Marynova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *E.E. Polunina, PAO «Biosintez» (Penza, Russia)*
- © *S.V. Mezina, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В работе оценивается влияние антиоксидантов на сохранение стабильности препарата «Облепиховое масло, суппозитории ректальные 500 мг». Проведено изучение динамики изменения кислотного числа и β -каротиноидов в процессе «ускоренного старения» в образцах различного состава. Показана целесообразность внесения в состав суппозиториев бутилгидроксианизола.

Ключевые слова: облепиховое масло, антиоксидант, β -каротиноиды, суппозитории ректальные

The work assesses the impact of antioxidants on the stability preservation of the drug "Sea buckthorn oil, rectal suppositories 500 mg". We have carried out the research of the dynamics of the changing of the acid number and β -carotenoids in the process of "accelerated aging" in samples of various compositions. The expediency of adding butylhydroxyanisole into the suppository is shown.

Key words: sea buckthorn oil, antioxidant, β -carotenoids, rectal suppositories

E-mail: marynova-m.a@mail.ru; svetlanagirl94@mail.ru

Облепиховое масло содержит жирорастворимые витамины К, Е, F, каротиноиды и ряд других ценных биологически активных веществ. Внесённое в состав лекарственного препарата облепиховое масло обуславливает его ценные медико-биологические свойства. Суппозитории с облепиховым маслом ректальные обладают цитопротективными, иммуностимулирующими, противоопухолевыми и репаративными свойствами, поэтому они применяются для восстановления и заживления поврежденных тканей. Кроме активного растительного ингредиента в состав лекарственной формы входит основа. В качестве

основы для суппозитория ректального с облепиховым маслом используется твёрдый жир.

По химическому строению каротиноиды это изопреноидные углеводороды, содержащие значительное количество двойных связей. Принимая активное участие в окислительно-восстановительных процессах, каротиноиды легко образуют перекиси, в которых молекула кислорода присоединяется по месту двойной связи и может затем легко окислять различные вещества, запуская цепные реакции окислительной порчи. В связи с этим существует опасность ухудшения качества лекарственного препарата со временем, уменьшения содержания биологически активных соединений и, как следствие, снижения его эффективности. Поэтому фармацевтический производитель должен обеспечить стабильность состава лекарственного препарата, т.е. способность сохранять химические, физические, микробиологические, биофармацевтические и фармакологические свойства в определенных границах на протяжении всего срока годности при подготовке проектов технологической и нормативной документации [1].

Антиоксиданты являются ингибиторами окислительных процессов. Несмотря на разнообразие антиоксидантов, все они в основном выполняют две функции: обрывают окислительные цепи путем реакции со свободными радикалами или нейтрализуют неустойчивые перекисные соединения путем их превращения в относительно стабильные вещества.

По данным баз продаж лекарственных средств компании DSM-групп, рынок препаратов МНН Облепихи масло в форме суппозитория ректального в 2015 году составил 2,984 млн упаковок на сумму 215,45 млн. руб.

На фармацевтическом рынке присутствуют три основных производителя препарата. Лидером рынка является компания Нижфарм с долей рынка 71 % (в денежном выражении), затем – Дальхимфарм с долей рынка – 19% и компания Фармаприм с долей рынка – 9,3%. В составе облепиховых свечей этих производителей антиоксиданты не заявлены.

В настоящее время на рынке фармпрепаратов наблюдается устойчивый спрос на «Облепиховое масло, суппозитории ректальные 500 мг». Рынок данного препарата растущий, прирост за последние 3 года составил суммарно более 50%, что свидетельствует о значительных возможностях по их производству и актуальности проводимого исследования.

В ходе экспериментов проводилась сравнительная оценка влияния различных образцов антиоксидантов на стабильность биологически активного компонента лекарственного препарата.

На первом этапе исследования нарабатывались образцы суппозитория с добавлением различных антиоксидантов (табл.1).

Таблица 1 – Состав образцов суппозиториев с добавлением антиоксидантов

Наименование вещества	Функциональное назначение	Образцы суппозиториев			
		№ 1 контроль	№ 2	№ 3	№ 4
Облепиховое масло	Лекарственное вещество	0,5 г	0,5 г	0,5 г	0,5 г
Аэросил	Структурообразователь, загуститель	0,016 г	0,016 г	0,016 г	0,016 г
Бутилгидроксианизол (БОА)	Антиокислитель	-	0,0005 г	-	-
Аскорбиновая кислота	Антиокислитель	-	-	0,0005 г	-
Лимонная кислота	Антиокислитель	-	-	-	0,0005 г
Твердый жир	Суппозиторная основа	до массы одного суппозитория 2,0 г			

В соответствии с фармакопейной статьёй предприятия качество готовых суппозиториев оценивается по ряду показателей. Наибольшей А-витаминной активностью обладает β-каротин (условно ее принимают равной 100%) [2], поэтому в экспериментах оценивалось содержание суммы каротиноидов в пересчёте на β-каротин [3].

Природные жиры и масла в процессе хранения подвергаются процессам окисления, вследствие чего образуются свободные жирные кислоты. Количество этих кислот может быть охарактеризовано кислотным числом.

Эти два показателя наиболее значимы для изучения влияния антиоксидантов на изменение содержания биологически активных соединений в процессе хранения, поэтому в ходе экспериментов оценивались их значения.

Нормативные значения для этих показателей представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели качества суппозиториев, используемые при исследовании [4]

Показатель	Метод определения	Норма
Кислотное число	Титриметрический	Не более 5,0
Количественное содержание суммы каротиноидов (в пересчёте на β-каротин)	Спектрофотометрический	Не менее 0,81 мг

Для оценки стабильности использовался метод «ускоренного старения» – полученные образцы № 1–4 закладывали в климатическую камеру и выдерживали при повышенной температуре (30 ± 2) °С в течение срока эквивалентного сроку годности при температуре хранения.

При повышенных температурах, как правило, ускоряются протекающие в лекарственных средствах физико-химические процессы, приводящие со временем к нежелательным изменениям качества. Таким образом, при повышенной температуре промежуток времени, в течение которого контролируемые показатели качества лекарственного средства сохраняются в допустимых пределах (экспериментальный срок годности), искусственно сокращается в сравнении со сроком годности при температуре хранения. Этот постулат основан на правиле Вант-Гоффа о (2 – 4) - кратном росте скоростей химических реакций при увеличении температуры на 10°С.

В ходе сравнительного анализа было установлено, что содержание суммы каротиноидов в пересчете на β - каротин после года экспериментального хранения уменьшилось во всех образцах (табл. 3).

Таблица 3 – Изменение содержания суммы каротиноидов после года экспериментального хранения

Образцы суппозитория	Содержание суммы каротиноидов		Процентное изменение показателя
	До хранения	После ускоренного хранения	
№ 1 Контроль	1,04	0,838	19,4
№ 2	1,07	0,984	8,0
№ 3	1,06	0,883	16,7
№ 4	1,04	0,843	18,8

Как видно из табл. 3 лучшую стабильность при хранении имеют суппозитории с добавлением антиоксиданта БОА. Образец № 2 показал наименьшее изменение количества суммы каротиноидов в пересчете на содержание β - каротина. Далее следуют суппозитории с аскорбиновой и с лимонной кислотой. Снижение содержания суммы каротиноидов в контрольном образце было максимальным и составило 19,4%.

Изменение кислотного числа после года экспериментального хранения представлено в табл. 4.

Таблица 4 – Значения кислотного числа после года экспериментального хранения

Образцы суппозитория	Кислотное число		Процентное изменение показателя
	До хранения	После ускоренного хранения	
№ 1 (Контроль)	2,014	2,178	16,83
№ 2	1,979	2,391	7,04
№ 3	1,799	2,075	11,28
№ 4	1,813	2,053	12,88

По данным таблицы можно сделать вывод, что все образцы после условного года хранения удовлетворяют нормативным требованиям, т.к. кислотное число не превышает 5. Однако образец с добавлением БОА имеет наименьшую величину изменения этого показателя, далее следуют образцы с аскорбиновой и с лимонной кислотой. Образец № 1 (контроль) имеет самое высокое изменение значения кислотного числа.

Проведя сравнительный анализ таких показателей как кислотное число и содержание суммы каротиноидов (в пересчете на β -каротин), был показан положительный эффект от внесения антиоксидантов в состав лекарственного препарата. Лучшую стабильность по сравнению с контрольным образцом №1 демонстрирует образец № 2.

Для оценки ингибирующего воздействия на процессы окислительной порчи оценивалась динамика изменения показателей качества препарата на протяжении всего экспериментального срока хранения. С этой целью были отобраны образцы № 1 (контроль) и № 2. Динамика изменения содержания суммы каротиноидов в пересчете на содержание на β - каротин на протяжении всего экспериментального срока хранения представлена на рис. 1.

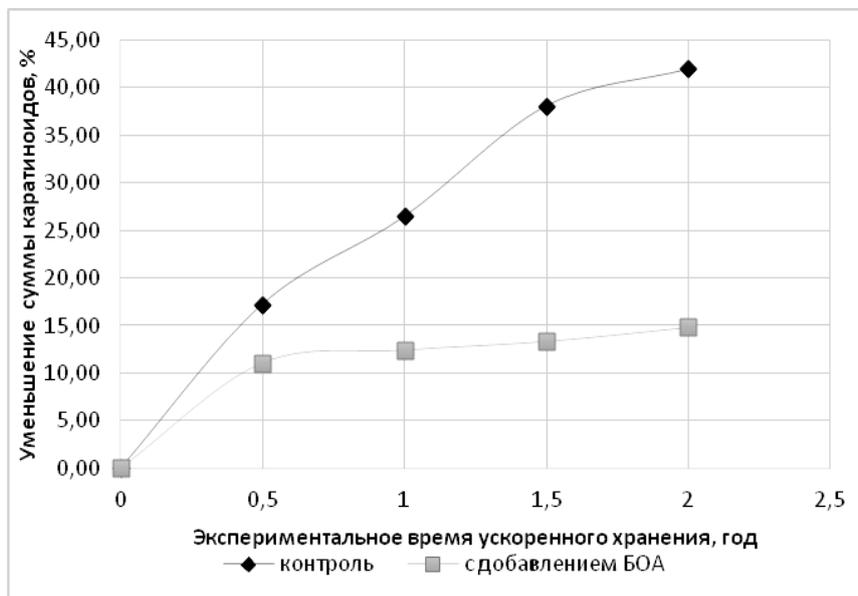


Рисунок 1 – Динамика изменения содержания суммы каротиноидов на протяжении экспериментального срока годности при ускоренном хранении лекарственного препарата

На рис. 1 видно, что суппозитории с содержанием антиоксиданта БОА в меньшей степени подвержены окислительному процессу в сравнении с контрольным образцом. Наибольшая потеря биологически активного вещества наблюдается в течение экспериментального хранения эквивалентного 0,5 годам хранения.

Изменение кислотного числа в процессе экспериментального хранения на протяжении срока годности суппозитория с облепиховым маслом представлено на рис. 2. Значительный рост кислотного числа наблюдается после условного года хранения суппозитория.

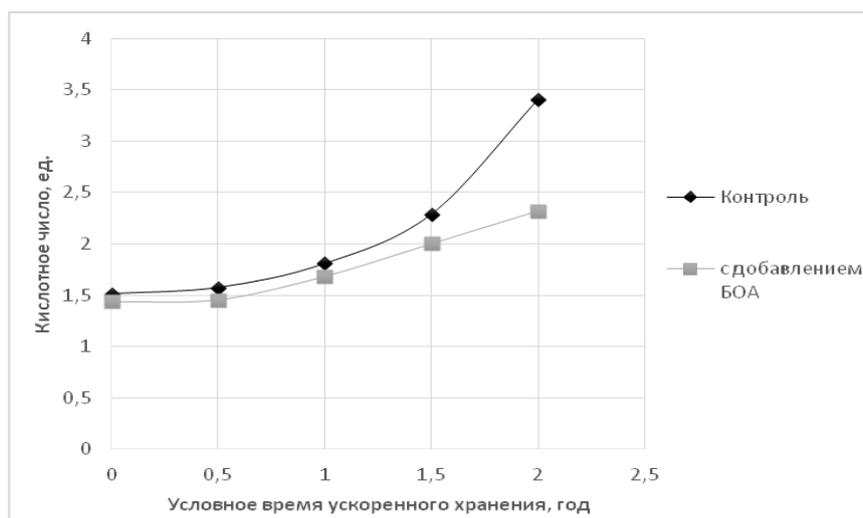


Рисунок 2 – Динамика изменения кислотного числа в период хранения

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод о целесообразности внесения антиоксиданта БОА в состав лекарственного препарата «Облепиховое масло, суппозитории ректальные 500мл», поскольку позволяет фармацевтическому производителю гарантированно обеспечивать стабильность препарата на протяжении всего срока хранения. Сохранение в составе лекарственного препарата более высокого уровня содержания основного действующего вещества особо значимо для потребителя, поскольку является залогом его эффективности на остаточном сроке хранения.

Список литературы

1. *Общая фармакопейная статья. Сроки годности лекарственных средств. ОФС.1.1.0009.15* Режим доступа URL: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-1-0009-15-sroki-godnosti-lekarstvennyh-sredstv/>
2. *Каротиноиды.* Режим доступа URL: <http://www.ximik.ru/encyklopedia/1909.html>
3. *Общая фармакопейная статья. Суппозитории. ОФС.1.4.1.0013.15*
4. *Государственная фармакопея Российской Федерации. XIII издание. Том II. ОФС.1.2.3.0004.15 ГФ XIII с 729-730 «Методы химического анализа».*

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ, ТЕХНОГЕННЫХ
ОПАСНОСТЕЙ ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ.
МЕТОДЫ, СРЕДСТВА, СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПОТЕНЦИАЛЬНО
ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

УДК 504.75, 658.562.62

**ОЦЕНИВАНИЕ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ ТРУБОПРОВОДОВ
И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ**

- © *В.В. Рыжаков, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *М.Ю. Рудюк, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *И.М. Портнова, АО НПП «Рубин» (г. Пенза, Россия)*
- © *А.В. Герасимова, Пензенский государственный технологический
университет (г. Пенза, Россия)*

**ESTIMATION OF THE QUALITY OF WELDING PIPES OF PIPELINES
AND ITS INFLUENCE ON ENVIRONMENTAL SAFETY**

- © *V.V. Ryzhakov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *M.J. Rudjuk, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *I.M. Portnova, AO NPP «Rubin» (Penza, Russia)*
- © *A.V. Gerasimova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Дефекты сварных соединений трубопроводов могут стать причиной негативных воздействий на экологию и техногенных аварий. Авторы рассматривают свариваемость стали как устойчивость к образованию горячих и холодных трещин. При этом стойкость к образованию горячих трещин зависит от химического состава (коэффициент 1), а холодных трещин – также от типа соединения и толщины металла (коэффициент 2). Зависимость показателя качества от указанных коэффициентов предложено моделировать сигмоидой.

Ключевые слова: трубопровод, сварной шов, горячие трещины, холодные трещины, квалиметрия, функция комплексного оценивания

Defects of welded joints can cause negative impacts on the environment and man-made accidents. The authors consider the weldability of a steel as the resistance to appearance of hot cracks and cold ones. The resistance to the appearance of hot cracks depends on the chemical composition (coefficient 1). The resistance to the appearance of hot cracks depends on the type of the joint and the thickness of the steel (coefficient 2). The authors offer to simulate the dependence of quality index from coefficients 1 and 2 as a sigmoid.

Key words: pipeline, welded seam, hot cracks, cold cracks, qualimetry, integrated evaluation function

E-mail: green_bag94@mail.ru; www.npp-rubin.ru; rvv@penzgtu.ru; nastya.gerasimova@yandex.ru

Нефтепроводы, газопроводы и др. относятся к техническим объектам, которые способны стать причиной негативных воздействий на окружающую среду, а также техногенных аварий того или иного масштаба [1, 2]. Их причиной могут стать дефекты производственного происхождения, связанные, в т.ч. с технологией сварки. К распространенным дефектам сварных соединений относятся, в частности, горячие и холодные трещины.

Горячими трещинами называются хрупкие межкристаллитные разрушения в шве или зоне термического влияния, возникающие в области температурного интервала хрупкости в результате воздействия термомеханического сварочного цикла. Горячие трещины чаще всего возникают в сплавах, обладающих выраженным крупнокристаллитным строением, с повышенным содержанием локальных концентраций легкоплавких фаз. Согласно общепринятым представлениям, они возникают в том случае, если интенсивность нарастания деформаций в металле сварного соединения в период остывания приводит к деформациям большим, чем его пластичность в данных температурных условиях.

Для снижения склонности к образованию горячих трещин используют:

1. Изменение химического состава;
2. Выбор оптимального режима сварки;
3. Применение рационального типа конструкции и порядка наложения сварных швов.

Коэффициент сопротивления стали к образованию горячих трещин K_1 [3]:

$$K_1 = 10^3 \frac{C_C (C_S + C_P + \frac{C_{Si}}{25} + \frac{C_{Ni}}{100})}{3 \cdot C_{Mn} + C_{Cr} + C_{Mo} + C_V}, \quad (1)$$

где C_C , C_S , C_P , C_{Si} , C_{Ni} , C_{Mn} , C_{Cr} , C_{Mo} , C_V - содержание углерода, серы, фосфора, кремния, никеля, марганца, хрома, молибдена и ванадия в процентах. Если $K_1 < 4$, то горячие трещины в сварном соединении не образуются.

Холодные трещины – локальное хрупкое межкристаллическое разрушение металла сварных соединений – частый дефект при соединении углеродистых и легированных сталей, претерпевающих при сварке частичную или полную закалку. Холодные трещины образуются после окончания сварки, ниже температуры 420–370 °С, в течение последующих суток. Излом холодных трещин светлый, без заметных следов окисления.

Основные факторы, влияющие на образование холодных трещин:

1. Структурное строение металла сварного соединения, характеризующее наличием составляющих мартенситного и бейнитного типа;
2. Концентрация диффузионно–подвижного водорода в зоне зарождения трещины;
3. Уровень растягивающих сварочных напряжений первого рода.

Способы оценки склонности к образованию холодных трещин подразделяют на: а) по характеру оценки – косвенные и прямые; б) по характеру критерия оценки – качественные и количественные; в) по характеру применения критерия оценки – сравнительные и абсолютные. Косвенные способы позволяют оценивать склонность к трещинам расчётным путём по химическому составу стали без испытания соединения. Коэффициент сопротивления стали к образованию горячих трещин (K_2) можно оценить [3]:

$$K_2 = C_C + \frac{C_{Si} + C_{Mn} + C_{Cr} + C_{Ni} + C_{Cu}}{20} + \frac{C_{Mo}}{15} + \frac{C_V}{10} + 5 \cdot C_B + \frac{C_H}{60} + \frac{K_0 \cdot \delta}{40000}, \quad (2)$$

где C_{Cu} , C_B , C_H - содержание меди, бора, %, диффузионного водорода, см³/100г; K_0 - коэффициент жесткости соединения; δ - толщина металла, мм.

При $K_2 < 0,285$ холодные трещины в сварных соединениях не образуются. Для стали 30ХМА образование холодных трещин характерно.

Допустим, что требуется оценить склонность стали 30ХМА к образованию холодных и горячих трещин.

Зависимость между показателем K_1 и качеством сварки удобно смоделировать следующей сигмоидой [4]:

$$Q_1(K_1) = \frac{1}{1 + e^{-25,0(-4,0 + K_1)}} \quad (3)$$

Аналогичная зависимость между показателем K_2 и качеством сварки:

$$Q_2(K_2) = \frac{1}{1 + e^{-25,0(-0,285 + K_2)}} \quad (4)$$

Результирующее качество определяется наихудшим из двух показателей:

$$Q = \min(Q_1(K_1), Q_2(K_2)) \quad (5)$$

Для стали 30ХМА найдем коэффициент сопротивления стали к образованию горячих трещин

$$K_1 = 10^3 \frac{0,3(0,025 + 0,025 + \frac{0,2}{25} + \frac{0,3}{100})}{3 \cdot 0,5} = 7,625 \quad (6)$$

и коэффициент сопротивления стали к образованию горячих трещин

$$K_2 = 0,3 + \frac{0,2 + 0,5 + 0,9 + 0,3 + 0,3}{20} + \frac{1,3}{60} = 0,432 \quad (7)$$

Результирующий показатель качества:

$$\begin{aligned} Q &= \min(Q_1(K_1), Q_2(K_2)) = \\ &= \min \left[\frac{1}{1 + e^{-25,0(-4,0 + K_1)}}, \frac{1}{1 + e^{-25,0(-0,285 + K_2)}} \right] = \\ &= \min[0,0; 0,025] = 0,0 \quad (8) \end{aligned}$$

Результаты расчетов представлены на рисунке 1.

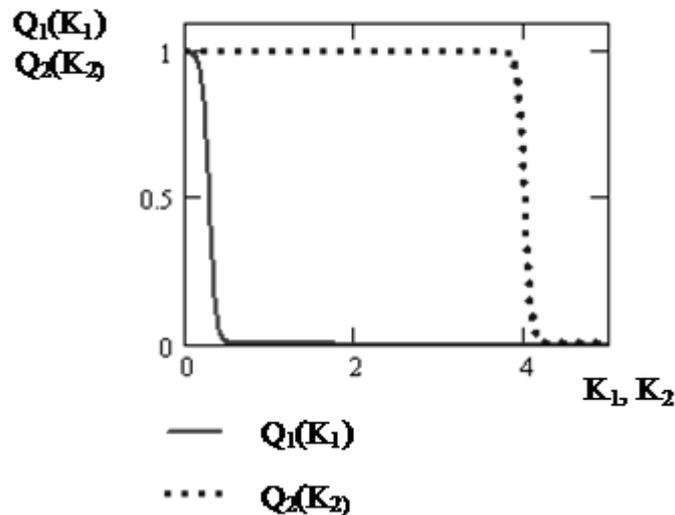


Рисунок 1 – Зависимость между показателями химического состава и качества сварки

Качество сварки «0,0» указывает на однозначную склонность стали 30ХМА к образованию трещин: холодных и горячих.

Можно оценить точность вышеприведенного математического моделирования с помощью справочных данных. В марочнике сталей и сплавов [5] говорится, что «сталь 30ХМА ограниченно свариваемая. Рекомендуется подогрев и последующая термическая обработка». Таким образом, расчет результирующего показателя качества сварки дает результат, близкий к опытному. Вместе с тем имеются непринципиальные расхождения; разработанная математическая модель может быть уточнена в дальнейших исследованиях.

Приведенная методика комплексного учета различных факторов свариваемости стали позволяет снизить риск возникновения техногенных рисков, связанных с эксплуатацией трубопроводов.

Список литературы

1. Илрисова К.Р., Зайнуллин Р.С. *Исследования условий распространения и параметров всплывающей нефтяной струи в речном потоке при авариях в подводном трубопроводе / Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов, №65, 2005, стр. 219-254.*
2. Клейменов А.В., Киселев С.Ю., Полин Ю.А., Рахматуллин Р.Р., Афанасьев И.Л. *Определение зон негативного воздействия от аварий на трубопроводе кислого газа / Нефтепромышленное дело, №8, 2011, стр. 102-105*
3. Николаев Г. А. *Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х т. – М.: Машиностроение, 1978, т. 1, с. 58.*
4. Рыжаков В.В., Холуденева А.О., Рудюк М.Ю. *Средства и методы управления качеством: учебное пособие по направлению подготовки 221400 «Управление качеством». Пенза, Издательство ПГТА, 2015, 142 с.*
5. *Марочник сталей и сплавов. 4-е изд., переработ. и доп. / Ю.Г. Драгунов, А.С. Зубченко, Ю.В. Каширский и др. Под общей ред. Ю.Г. Драгунова и А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2014, 1216 с.*

УДК 543.544.5.068.7

ПОДБОР ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЙ КОЛОНКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО УРОВНЯ ПРИМЕСЕЙ В СУБСТАНЦИИ ДИМЕТИЛФУМАРАТА

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

© *Е.Е. Полунина, НОЦ ПАО «Биосинтез» (г. Пенза, Россия)*

© *М.Д. Ефремова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

SELECTION OF CHROMATOGRAPHIC COLUMN FOR ENSURING SAFE LEVEL OF IMPURITIES IN DIMETHYL FUMARATE SUBSTANCE

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

© *E.E. Polunina, PAO «Biosintez» (Penza, Russia)*

© *M.D. Efremova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В соответствии с ФЗ № 61 «Об обращении лекарственных средств» лекарственное средство должно отвечать требованиям безопасности, эффективности и качества. Критические параметры качества непосредственно связаны с субстанцией препарата. Входной контроль исходных субстанций, используемых в технологическом процессе, является неотъемлемой процедурой системы обеспечения качества фармацевтического предприятия. Работа посвящена подбору хроматографической колонки для идентификации и проведения количественной оценки примесей в субстанции диметилфумарата методом ВЭЖХ.

Ключевые слова: высокоэффективная жидкостная хроматография, диметилфумарат, фумаровая кислота, монометилфумарат.

According to the Federal Law No. 61 "On circulation of pharmaceuticals" a pharmaceutical product should meet the requirements of safety, efficiency and quality. The critical quality parameters are directly connected with a pharmaceutical substance. Entrance control of starting pharmaceutical substances used in technological process is an integral procedure of quality assurance system of pharmaceutical enterprise. The work is devoted to selection of chromatographic column for identification and quantification of impurities in dimethyl fumarate substance by HPLC.

Key words: high performance liquid chromatography, dimethyl fumarate, fumaric acid, monomethyl fumarate

E-mail: marynova-m.a@mail.ru; polunina_ee@biosintez.com; emariadmitrievna@gmail.com

В настоящее время значительное внимание уделяется разработке безопасных и эффективных схем лечения социально значимых заболеваний, снижающих инвалидизацию населения. Клинико-экономический анализ выявил, что диметилфумарат является препаратом первого выбора для лечения рассеянного склероза. Продемонстрирована стабильная эффективность диметилфумарата в отношении снижения количества рецидивов этого заболевания. По результатам комплексной оценки таблетированного препарата диметилфумарата по показателю «затраты / эффективность» рекомендовано его производство и включение в список лекарственных препаратов, оплачиваемых государственным медицинским страхованием [1].

Диметилфумарат (рис. 1) является производным фумаровой кислоты, оказывающим противовоспалительное и иммуномодулирующее действие.

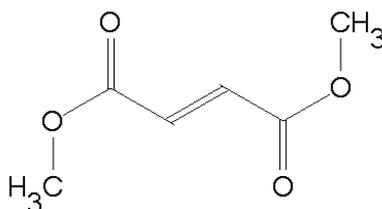


Рисунок 1 – Химическая формула диметилфумарата

Фармацевтическая разработка дженерика, в соответствии с ICH Q8 [2] включает в себя несколько этапов, среди которых немаловажное значение имеет разработка аналитических методик, в том числе – подбор условий проведения анализа, применительно к лабораторным условиям конкретного предприятия-изготовителя [3]. Одним из важнейших нормируемых показателей для оценки качества фармацевтических субстанций является «Содержание примесей». Примеси могут отрицательно влиять на безопасность и эффективность препарата, снижать срок его хранения, поэтому чрезвычайно важно их обнаруживать и количественно оценивать. Субстанция диметилфумарата может содержать

в качестве примесей фумаровую кислоту – исходный продукт синтеза, а также монометилфумарат – промежуточный продукт синтеза.

Целью исследования является подбор хроматографической колонки для разработки методики обнаружения и количественной оценки примесей в субстанции диметилфумарата. В работе использовался жидкостной хроматограф фирмы *Shimadzu* «*LC-20 Priminence*» со спектрофотометрическим детектором при $\lambda = 210$ нм.

Подбор хроматографической колонки проводился с использованием хроматографических условий, рекомендованных фирмой *Aldrich* (табл. 1). В каждом эксперименте отчёт хроматограммы записывался в трёх параллельностях.

Таблица 1 – Хроматографические условия фирмы Aldrich

Скорость потока	1,0 мл/мин;
Температура колонки	30° С;
Объем вводимой пробы	20 мкл.

Критерии надлежащего проведения процедуры анализа методом высокоэффективной жидкостной хроматографии изложены в Государственной фармакопее XIII [4].

Хроматографическая система считается пригодной, если выполняются следующие условия:

- на хроматограмме раствора для проверки пригодности хроматографической системы разрешение между пиками фумаровой кислоты и монометилфумарата должно быть не менее 3, между пиками монометилфумарата и диметилфумарата не менее 7;

- фактор асимметрии пика диметилфумарата на хроматограммах раствора сравнения должен быть не менее 0,8 не более 1,8;

- эффективность хроматографической колонки, рассчитанная по пику диметилфумарата на хроматограммах раствора сравнения должна быть не менее 2000 т.т.(теоретических тарелок).

Для оценки возможности применения колонки *Symmetry C18*, 5 μ m, 150 mm x 4,6 mm, осуществлялся анализ растворов сравнения и раствора проверки пригодности хроматографической системы (ППХС). Растворы готовились по представленным ниже методикам.

Испытуемый раствор: Около 20 мг (точная навеска) субстанции диметилфумарата помещается в мерную колбу вместимостью 100 мл, объём доводится до метки подвижной фазой.

Подвижная фаза: 1,15 г аммония дигидрофосфата растворяется в 900 мл воды, прибавляется 2,0 мл триэтиламина, устанавливается значение водородного показателя раствора ($3,0 \pm 0,05$) рН раствором фосфорной кислоты. Объём раствора доводится в мерной колбе водой до 1000 мл.

Раствор сравнения: 0,3 мл испытуемого раствора помещается в мерную колбу вместимостью 100 мл, доводится объём раствора подвижной фазой до метки и перемешивается.

Раствор ППХС №1: Около 10 мг (точная навеска) субстанции растворяется в 20 мл метанола, прибавляется 2 мл 0,1 М раствора натрия гидроксида, нагревается в течение 30 мин при температуре (50– 55) °С.

Хроматограмма раствора ППХС № 1 представлена на рис. 2.

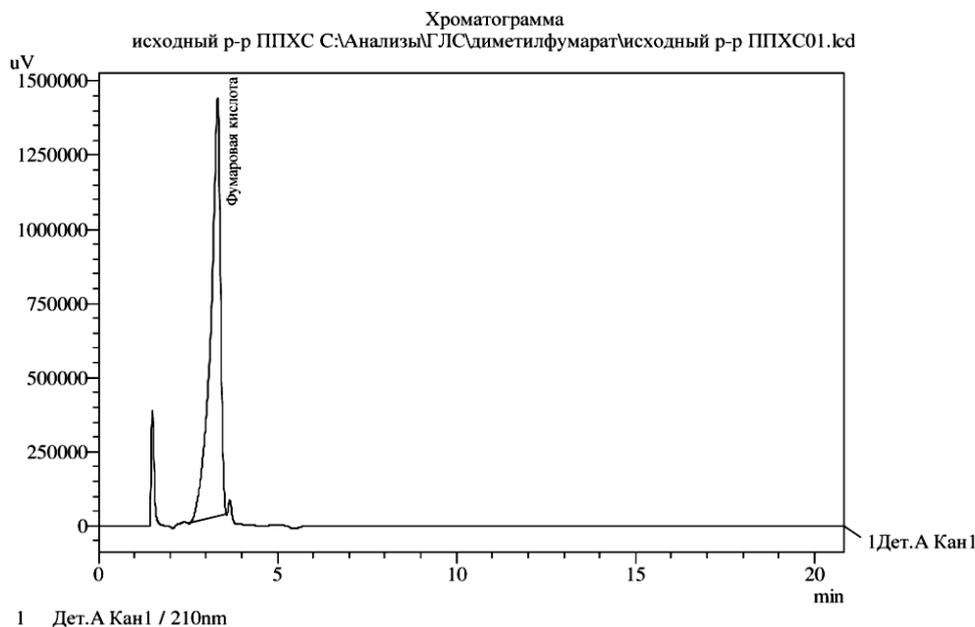


Таблица пиков

Detector A Ch1 210nm

Имя	Время удерживания	Площадь	Высота	Фактор асимметрии	Теоретическое число тарелок	Разрешение
Фумаровая кисл	3.324	26797785	1410952	0.671	887.130	0.000
		26797785	1410952			

Рисунок 2 – Хроматограмма раствора ППХС № 1 на колонке Symmetry C-18

По окончании процесса хроматографирования пик диметилфумарата не обнаружен. Сделано предположение, что на результат анализа повлияли: состав раствора ППХС № 1 и время хранения раствора.

В следующих экспериментах изменилась как методика приготовления раствора ППХС, так и срок хранения раствора, приняв его не превышающем двух часов.

Раствор ППХС № 2: Около 10 мг (точная навеска) субстанции диметилфумарата растворяется в 20 мл метанола, прибавляется 2 мл 0,1 М раствора натрия гидроксида, нагревается в течение 30 мин при температуре (50– 55)°С. Далее 1 мл полученного раствора помещается в мерную колбу вместимостью 25 мл, прибавляется 10 мл подвижной фазы, по 1 мл испытуемого раствора и раствора стандартного образца (СО) фумаровой кислоты. Объем раствора доводится до метки, перемешивается.

Раствор стандартного образца фумаровой кислоты: Около 12 мг (точная навеска) фумаровой кислоты помещается в мерную колбу вместимостью 50 мл, растворяется 25 мл подвижной фазы, перемешивается и доводится объем раствора до метки подвижной фазой.

Хроматограмма раствора ППХС № 2 представлена на рис. 3.

Как видно из рис. 3 на хроматограмме идентифицируются пики фумаровой кислоты, монометилфумарата и диметилфумарата.

Время удержания пиков удовлетворяет условиям нормативной документации фирмы *Aldrich*.

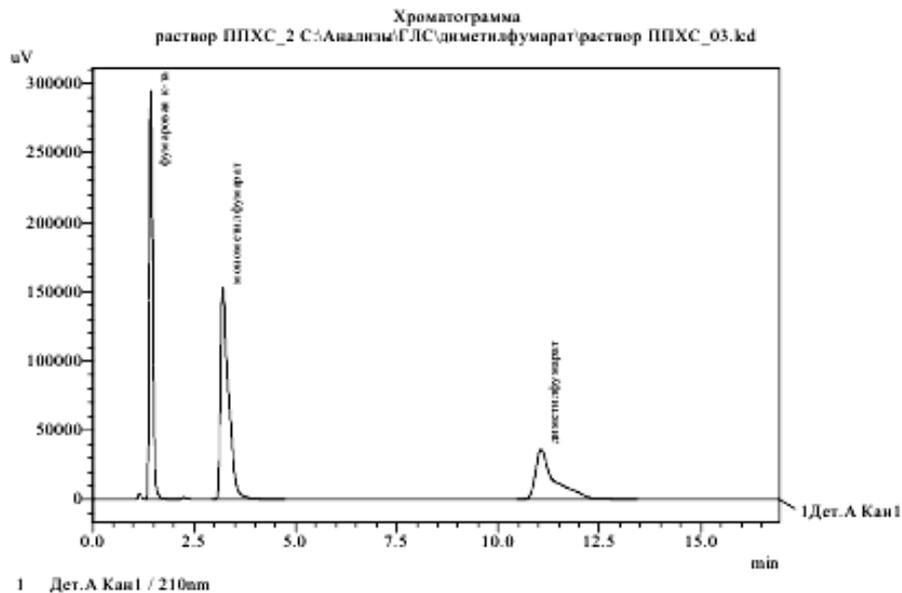


Таблица пиков

Detector A Ch1 210nm						
Имя	время удерживани	Площадь	Высота	фактор асимметрии	теоретических т	Разрешение
фумаровая к-та	1.419	1767132	294259	1.533	1112.016	0.000
монометилфума	3.203	2097094	153002	2.161	1391.803	6.945
диметилфумарат	11.055	1165756	35947	2.421	5339.520	16.554
		5029983	483207			

Рисунок 3 – Хроматограмма раствора ППХС № 2

Для подтверждения выбранных условий эксперимента анализировался раствор сравнения (рис. 4).

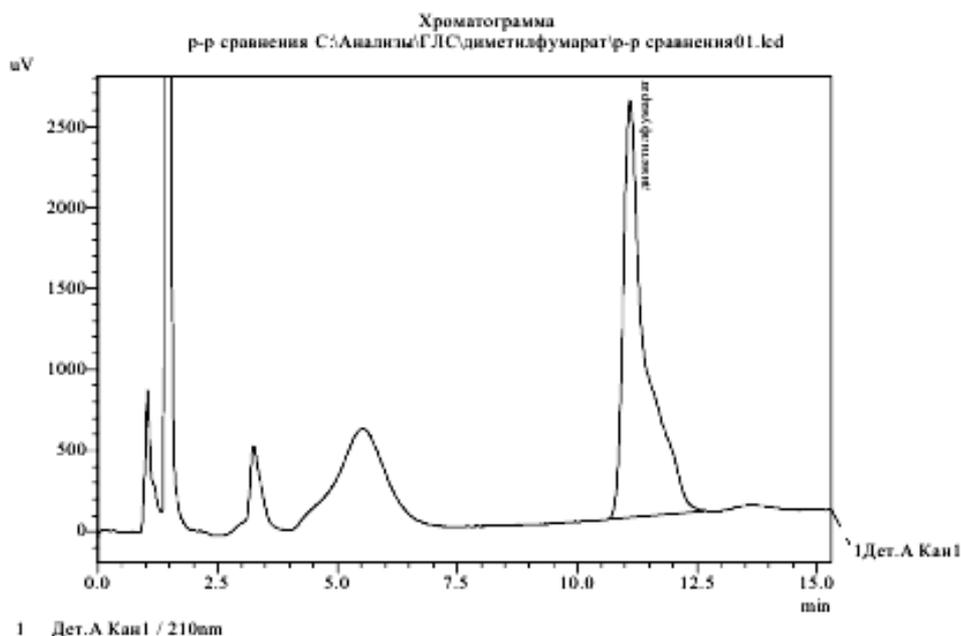


Таблица пиков

Detector A Ch1 210nm						
Имя	Время удерживания	Площадь	Высота	фактор асимметрии	теоретических т	Разрешение
диметилфумарат	11.095	82874	2569	2.392	5206.548	0.000
		82874	2569			

Рисунок 4 – Хроматограмма раствора сравнения

На хроматограмме раствора сравнения наблюдаются пики фумаровой кислоты и диметилфумарата. Однако фактор асимметрии пиков на рис. 3 и 4 превышает установленные в [4] параметры, поэтому было принято решение произвести замену колонки при сохранении хроматографических условий, представленных в табл. 1.

На рис. 5 представлена хроматограмма раствора сравнения на колонке *Nova-Pak C18*, $4 \mu\text{m}$, $3.9 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$.

Как видно из рис. 5 пики фумаровой кислоты и диметилфумарата практически отсутствуют, поэтому колонка *Nova-Pak C18* не может использоваться для проведения анализа.

В следующей серии экспериментов анализ проводили с использованием колонки *Shim-pack VP-ODS*, $5 \mu\text{m}$, $150 \text{ mm} \times 4,6 \text{ mm}$. Хроматографические условия сохранили без изменений.

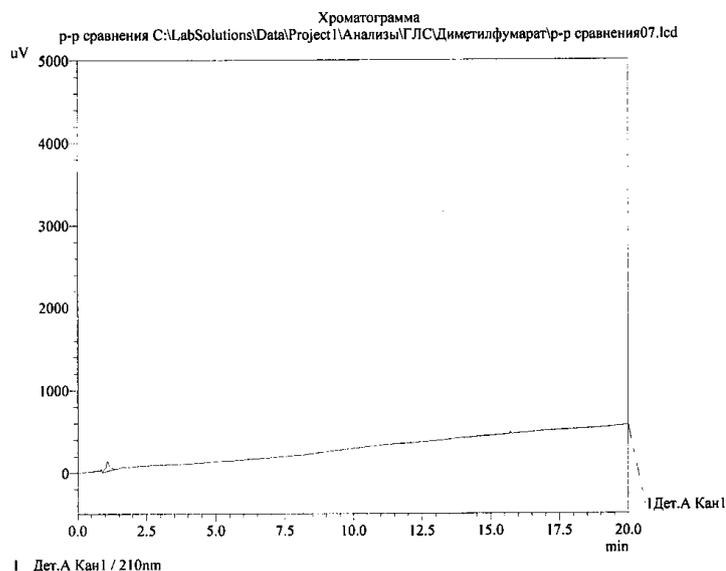


Таблица пиков

Пик#	Время удерживания	Площадь	Высота	Площадь%	Высота%
1	1.083	1100	118	100.000	100.000
Общий		1100	118	100.000	100.000

Рисунок 5 – Хроматограмма раствора сравнения на колонке Nova-Pak C18

На рис. 6 представлена хроматограмма раствора сравнения на колонке Shim-pack VP-ODS.

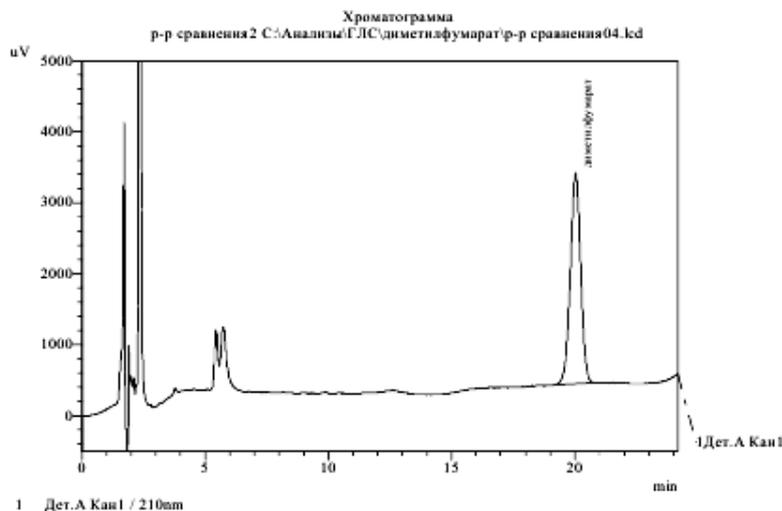


Таблица пиков

Имя	Время удерживания	Площадь	Высота	Фактор асимметрии	теоретических тарелок	Разрешение
диметилфумарат	20.031	86518	2980	0.983	10964.487	0.000
		86518	2980			

Рисунок 6 – Хроматограмма раствора сравнения на колонке Shim-Pak VP-ODS

Как видно из рис. 6 фактор асимметрии соответствует установленным в отношении его требованиям, однако не удовлетворяет время удерживания пика диметилфумарата, которое составило около 20 мин, вместо заданных 12±2 мин.

Поскольку форма пика удовлетворяет требованиям к хроматографическому анализу, было принято решение изменить хроматографические условия. Для сокращения времени удерживания пика диметилфумарата, изменялась скорость потока подвижной фазы с 1,0 мл/мин на 1,2 мл/мин.

Одновременно изменялся состав раствора сравнения. Это позволит рассчитывать содержание фумаровой кислоты в диметилфумарате по площади пика фумаровой кислоты на хроматограмме раствора сравнения, а содержание всех остальных примесей по площади пика ДМФ на хроматограмме раствора сравнения.

Раствор сравнения № 2: 300 мкл испытуемого раствора и 300 мкл раствора СО фумаровой кислоты помещается в мерную колбу вместимостью 100 мл, доводится объем раствора подвижной фазой до метки и перемешивается.

В состав подвижной фазы вносится метанол до соотношения буферного раствора к метанолу (75 : 25) для отделения пика фумаровой кислоты от пиков от подвижной фазы, разделения пика монометилфумарата и пиков от подвижной фазы, а также сокращения времени удерживания пика диметилфумарата. В соответствии с этими скорректированными условиями проводится анализ раствора сравнения № 2.

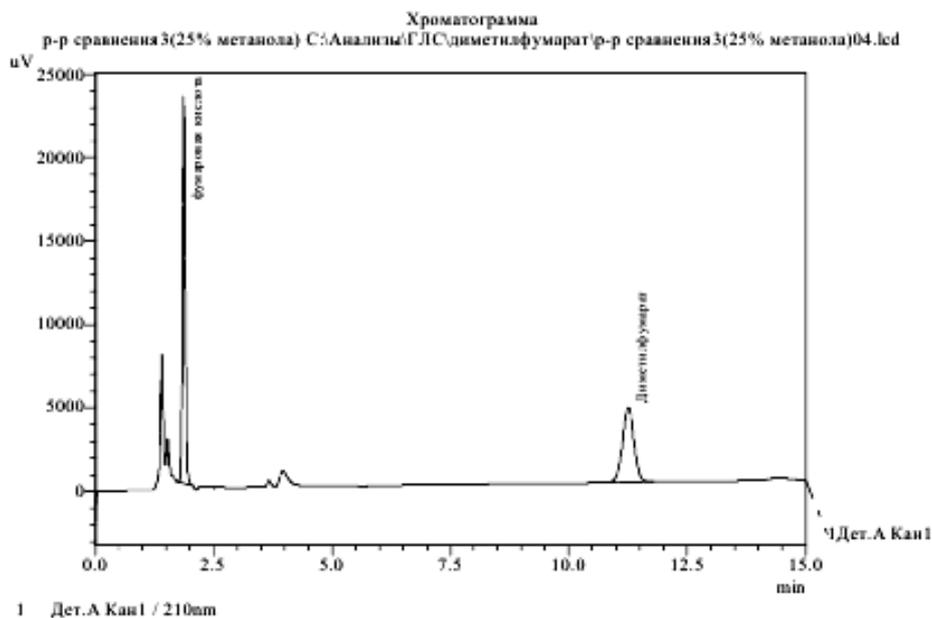


Таблица пиков

Имя	Время удерживания	Площадь	Высота	Фактор асимметрии	теоретических тарелок	Разрешение
фумаровая кислота	1.861	98504	23197	1.255	3590.157	0.000
Диметилфумарат	11.258	76013	4524	0.991	10276.739	33.058
		174516	27721			

Рисунок 7 – Хроматограмма раствора сравнения № 2 на колонке Shim-Pak VP-ODS

Как видно из представленной на рис. 7 хроматограммы, время удерживания пика диметилфumarата составляет 11,25 мин, что соответствует заданным 12 ± 2 мин. Кроме того фактор асимметрии, разрешение и число теоретических тарелок также удовлетворяют заданным параметрам.

На основании проведённых исследований показано, что колонка *Shim-pack VP-ODS*, $5 \mu\text{m}$, $150 \text{ mm} \times 4,6 \text{ mm}$ и подобранные для неё хроматографические условия пригодны для дальнейшей разработки методики идентификации и количественной оценки примесей в субстанции диметилфumarата.

Список литературы

1. Мкртчян ВР, Брылев ЛВ, Шпак ИА, Сергеев АМ. Клинико-экономический анализ применения диметилфumarата в лечении рассеянного склероза. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2016;8(4):98–103 URL: <http://nnp.ima-press.net/nnp/article/viewFile/681/620>
2. *ICH Q8 Управление рисками по качеству / пер. с англ. - К.: Виалек, 2008. – 44 с. – (Vialek Knowledge book) / А.В. Александров, Н.В. Дынька, В.А. Жулинский, Н.В. Карпенко*
3. Марынова М.А., Полунина Е.Е., Горбушина Т.В., Ласкина Е.А. Выбор параметров для количественного определения примесей А и В в лекарственном препарате «Левовфлоксацин раствор для инфузий 5 мг/мл» хроматографическим методом / *Биофармацевтический журнал*. 2016 . Т. 8. № 1. С.53-64
4. *Общая фармакопейная статья. Хроматография. ОФС 1.2.1.2.0001.15*

УДК 504.75, 658.562.62

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПЛЕКСНЫХ ОЦЕНОК ЭКОЛОГИЧНОСТИ ОБЪЕКТОВ, ПОЛУЧЕННЫЕ НА ОСНОВЕ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОГО ПОДХОДА

- © **В.В. Рыжак**ов, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **М.Ю. Рудюк**, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)
- © **И.М. Портнова**, АО НПП «Рубин» (г. Пенза, Россия)
- © **Л.Д. Ромашкова**, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF COMPLEX ESTIMATES OF ENVIRONMENTALITY OF OBJECTS OBTAINED ON THE BASIS OF A QUALIMETRIC APPROACH

- © **V.V. Ryzhakov**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **M.J. Rudjuk**, Penza State Technological University (Penza, Russia)
- © **I.M. Portnova**, AO NPP «Rubin» (Penza, Russia)
- © **L.D. Romashkova**, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Комплексная оценка экологичности автотранспорта учитывает различные аспекты воздействия на окружающую среду. При числе единичных показателей экологичности, характерных для практических оценок (<20) форма распределения комплексной оценки по среднему арифметическому

существенно отклоняется от нормального закона. Зависимость погрешности комплексной оценки от ее величины имеет нелинейный характер с максимумом. Погрешность имеет линейную зависимость от величины превышения единичными показателями их среднего значения.

Ключевые слова: экологичность, автотранспорт, закон распределения, абсолютная погрешность, оценивание по среднему арифметическому

A comprehensive assessment of the environmental friendliness of vehicles takes into account various aspects of the impact on the environment. With the number of single indicators of environmental friendliness, typical for practical assessments (<20), the form of the distribution of the complex evaluation by the average arithmetic deviates significantly from the normal law. The dependence of the error of the complex estimate on its magnitude has a nonlinear character with a maximum. The error has a linear dependence on the magnitude of the excess of individual values of their average value.

Key words: ecology, motor transport, distribution law, absolute error, arithmetic mean estimation
E-mail: green_bag94@mail.ru; rvv@penzgtu.ru; www.npp-rubin.ru; mila.romashkova@yandex.ru

Современный автомобильный транспорт оказывает значительное воздействие на окружающую среду, в основном, негативное. В ходе проведения НТР [1, 2, 3] полезно получать оценки экологичности как на уровне единичных показателей, так и в виде комплексных оценок.

Комплексная оценка экологичности – производная величина, которая складывается в случае экспертных методов определения коэффициентов весомости (ЭМОКВ) из некоторого количества эмпирических величин – единичных показателей экологичности (ЕП) и коэффициентов весомости (КВ).

Пусть комплексная оценка экологичности автомобиля рассчитывается по следующему набору ЕП, КВ, которым для определенности присваиваем определенные значения (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели экологичности автомобиля

№	Единичные показатели экологичности	Численное значение	Коэффициент весомости
1	Простота утилизации деталей и комплектующих	0,744	0,501
2	Содержание вредных примесей в продуктах сгорания	0,599	0,312
3	Уровень шума	0,735	0,186

Оценивание как ЕП, так и КВ сопряжено с погрешностями и довольно часто характеризуется субъективизмом. Таким образом, производная от них комплексная оценка экологичности является случайной величиной и актуальным является вопрос о форме распределения этой величины.

Если мы рассмотрим каждый отдельно взятый ЕП или КВ, то, для определенного упрощения можно принять, что, это есть нормально распределенная величина. В ходе проведенного исследования авторы выясняли, будет ли нормально распределенной величиной комплексная оценка экологичности.

В рамках данной работы исследовались характеристики комплексного оценивания по среднему арифметическому. Эта функция была выбрана, т.к. является наиболее широко используемой и простой по структуре. Коэффициенты весомости определялись [4] расчетным способом, исходя из того, что если в качестве аргумента взять их порядковый номер, то они подчиняются монотонной зависимости - полиному второго порядка. Число ЕП было равно трем для более значительного влияния каждого показателя экологичности на комплексную оценку. Основная часть расчетов проводилась в программе *Mathcad 15*.

Для **исследования формы плотности распределения** комплексной оценки производился следующий численный эксперимент. Формировался набор показателей экологичности как случайных чисел, распределенных по закону равномерной плотности в диапазоне $[0,0; 1,0]$.

Моделировалась погрешность измерения коэффициентов весомости по следующей схеме. Для каждого коэффициента весомости вначале определяли допуск T_α по формуле

$$T_\alpha = K \cdot \alpha^{0,8+3,0 \cdot \alpha}, \quad (1)$$

где α – коэффициент весомости,

K – коэффициент, зависящий от квалификации эксперта. Было выбрано значение 1,0, что соответствует средней квалификации. Допуск на коэффициент весомости приравнивался к величине абсолютной ошибки $\Delta\alpha \approx T_\alpha$, далее, среднее квадратическое отклонение (СКО) вычислялось по правилу «шесть сигма» [5]:

$$\sigma_\alpha = \frac{T_\alpha}{6,0}. \quad (2)$$

Далее использовалось нормальное распределение (центрированное, с СКО σ_α) – из него выбиралось одно случайное число, которое прибавлялось к коэффициенту весомости. Сумма всех коэффициентов весомости приводилась к единице. После этого вычислялось значение комплексной оценки

$$Q = \sum_n \alpha_i \cdot p_i. \quad (3)$$

Таким образом формировалась выборка из сорока случайных реализаций комплексной оценки. Далее по ней строилась гистограмма. Число поддиапазонов определяли по правилу Стерджиса

$$k = 1 + \text{Log}_2 n = 1 + \text{Log}_2 40 \approx 7. \quad (4)$$

Как следует из рисунка 1,а форма гистограммы для данного набора показателей экологичности (0,744; 0,599; 0,735) и весовых коэффициентов (0,501; 0,312; 0,186) существенно отличается от нормального распределения.

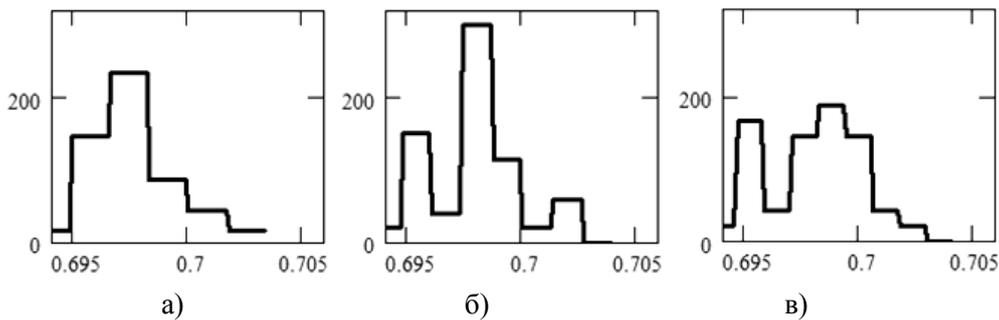


Рисунок 1 – Форма гистограммы распределения комплексного показателя при различном числе поддиапазонов: а) 7; б) 9; в) 10

При увеличении числа поддиапазонов на гистограмме проявляются ее слагаемые, соответствующие ЕП. Например, на рис. 1, в, есть два максимума, которые соответствуют ЕП 0,599, с одной стороны, и ЕП 0,744 с другой стороны. Разница между ЕП второй группы невелика, и их вклады сливаются. На рис. 1, б, слияния в пределах второй группы не происходит,

несмотря на меньшее число диапазонов, и тогда высоты всех трех вкладов строго пропорциональны соответствующим весовым коэффициентам.

Таким образом, распределение комплексной оценки при числе ЕП $\ll 20$, что является наиболее распространенным случаем на практике, нельзя считать Гауссовским. При небольшом числе ЕП существенно влияние каждого из них.

Далее в рамках данной работы исследовался вопрос о величине погрешности комплексной оценки экологичности. В качестве характеристики погрешности использовалась величина СКО. Задачей исследования было нахождение функции, моделирующей зависимость СКО от характеристики набора ЕП p_i , $i = 0, 1 \dots n$ и весовых коэффициентов α_i .

По [5] погрешность комплексной оценки положительно коррелирует с разницей между ЕП и равна нулю при их равенстве. Соответственно, анализировались следующие гипотезы, связанные с зависимостью СКО от:

- средней разницы между ЕП;
- дисперсии ЕП;
- максимальной разницы между ЕП;
- средней разницы между $\alpha_i \cdot p_i$;
- максимальной разницы между $\alpha_i \cdot p_i$.

В итоге было найдено, что СКО положительно коррелирует с величиной комплексной оценки (фактор 1), а также с наличием отдельных ЕП, значительно превышающих их среднее значение (фактор 2):

$$F_2 = \sum_n (p_i - \bar{p}) \Big|_{p_i - \bar{p} > 0,0} \cdot \quad (5)$$

Было решено провести полный факторный эксперимент (ПФЭ) для нахождения зависимости комплексной оценки от этих двух показателей. При этом комплексная оценка была в пределах $[0,35; 0,95]$, а значение фактора 2 – в пределах $[0,025; 0,325]$. На практике получаемые значения в подавляющем большинстве случаев не выходят вне данных пределов.

При его подготовке исследователями была отмечена следующая проблема. При расчете комплексной оценки независимыми факторами являются ЕП и коэффициенты весомости, но в искомой зависимости аргументами являются две производные от них величины (факторы 1 и 2). Для решения этой задачи был применен следующий подход. Для данного набора коэффициентов весомости производился перебор всех сочетаний ЕП в диапазоне $[0,0; 1,0]$ с небольшим шагом. Из этих сочетаний выбирались те, которые удовлетворяли искомому сочетанию факторов 1 и 2 (с некоторой небольшой погрешностью). Всего производилось по пять измерений на каждое сочетание факторов 1 и 2 и для каждого измерения рассчитывалось СКО (рис. 2). Для проведения данных расчетов была написана прикладная программа в IDE Lazarus 1.6.2.

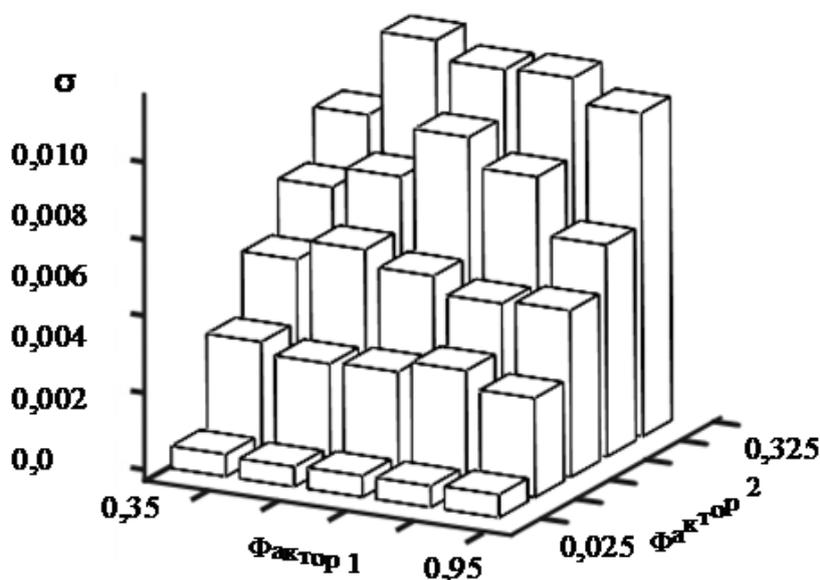


Рисунок 2 – Зависимость СКО комплексной оценки от ее величины (фактор 1) и наличия ЕПК, значительно превышающих их среднее значение (фактор 2)

В результате проведения ПФЭ была получена следующая зависимость в кодированных переменных:

$$\sigma = 3,99 \cdot 10^{-3} F_2' + 4,99 \cdot 10^{-3} - 6,89 \cdot 10^{-4} F_1'^2, \quad (6)$$

где $F_1' = \frac{F_1 - 0,65}{0,3}$, $F_2' = \frac{F_2 - 0,175}{0,150}$.

Все коэффициенты (6) были проверены на значимость по Стьюденту. Проверку на адекватность полученного уравнения регрессии проводили с помощью критерия Фишера. Гипотеза о сходстве была принята на уровне значимости 0,10.

В зависимости (6) составляющая $4,99 \cdot 10^{-3} - 6,89 \cdot 10^{-4} F_1'^2$ соответствует параболе с максимумом, в конечном итоге соответствующим значению комплексной оценки $F_1=0,5$. Было бы логично ожидать роста СКО при увеличении комплексной оценки, и это действительно имеет место при $Q < 0,5$. Можно выдвинуть гипотезу, что дальнейшее увеличение комплексной оценки способствует сдвигу к единице ЕП и, тем самым, постепенно снижает их разброс, что в итоге снижает СКО. Влияние на СКО фактора 2 имеет более простой характер – пропорциональный рост. Это также указывает на то, что (5) является довольно точной моделью влияния ЕП на погрешность комплексной функции.

Вопросы точности квалиметрических оценок, а также их статистических характеристик должны учитываться при комплексном оценивании экологичности различных объектов, в т.ч. автомобилей.

Список литературы

1. Щербак В.П. Вопросы экологии, экономики и безопасности автомобиля / *Международный научный журнал альтернативной энергетики и экологии*, № 1, 2000, стр. 202.

2. Шабанов А.В., Ломакин В.В., Шабанов А.А. Характеристики комбинированных силовых установок, применяемых на автомобилях, и экология окружающей среды / Вестник Московского государственного университета приборостроения и информатики. Серия: Машиностроение, №49, 2013, стр. 49-62.
3. Филькина А.Н. Создание гибридных автомобилей как одно из направлений решения проблем экологии крупных городов / Успехи современного естествознания, №11, 2004, стр. 45-46.
4. Рыжаков В.В., Пятирублевый Л.Г. Инженерная методика выбора величин коэффициентов весомости составляющих оценочной функции качества. Статья. справка №1276-В97, 16.04.97.
5. Рыжаков В.В., Пятирублевый Л.Г. Погрешность оценочной функции показателя качества без учета информативных показателей. Статья. ВИНТИ, справка №488-В97, 13.02.97.

УДК 577.4: 546.79: 551.48

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ДОЛГОЖИВУЩИХ РАДИОНУКЛИДОВ ^{90}Sr И ^{137}Cs В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ РАЙОНОВ БРЯНСКОЙ И КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

© П.М. Орлов, ГНУ ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова
(г. Москва, Россия)

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

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

THE DYNAMICS OF THE CONTENT OF LONG-LIVED RADIOACTIVE NUCLIDES ^{90}SR I ^{137}CS IN DIFFERENT SOIL TYPES AREAS OF BRIANSK AND KALUGA OBLASTS

© P.M. Orlov, GNU VNII Agrochemistry named D. N. Pryanishnikov
(Moscow, Russia)

© M.I. Lunev, GNU VNII Agrochemistry named D. N. Pryanishnikov
(Moscow, Russia)

© N.I. Akanova, GNU VNII Agrochemistry named D. N. Pryanishnikov
(Moscow, Russia)

Ведение сельскохозяйственного производства даже в отдаленные сроки после загрязнения земель радионуклидами вследствие Чернобыльской аварии требует мониторинга за радиационной обстановкой и соответствием продукции радиационно-гигиеническим нормативам. Для этих целей и прогнозирования накопления долгоживущих радионуклидов в сельскохозяйственных растениях целесообразно использовать статистические методы количественной оценки, что является важным направлением современной сельскохозяйственной радиэкологии. В статье приведены обобщенные результаты анализа содержания долгоживущих радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах Брянской и Калужской областей. Оценены средние значения, типичные интервалы содержания радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий районов и областей в целом. Спустя 30 лет после Чернобыльской аварии в ряде районов Брянской области средние уровни загрязнения почв ^{137}Cs превышают 5 Ки/км², в Злыковском, Красногорском и Новозыбковском районе содержание ^{90}Sr в почве находится в интервале 0,2 Ки/км² – 0,4 Ки/км². Вследствие чего существуют риски производства сельскохозяйственной продукции загрязненной ^{137}Cs и ^{90}Sr выше установленных нормативов.

Ключевые слова: радиационный мониторинг, почвы, сельскохозяйственные угодья, радионуклиды ^{90}Sr и ^{137}Cs , уровни загрязнения и стандартные интервалы, загрязнение продукции

Maintenance of agricultural production even in the remotest periods after contamination by radionuclides land requires monitoring of the radiation situation and conformity of production of radiation-hygienic standards. To predict the accumulation of long-lived radionuclides in agricultural plants in the remote period after the Chernobyl accident, it is advisable to use statistical methods to quantify that is an important aspect of modern agricultural Radioecology. This article contains a summary of the results analysis of long-lived radioactive nuclides ^{90}Sr and ^{137}Cs in soils of Bryansk and Kaluga regions. Estimated average values, typical spacing of radionuclides in soils agricultural land areas and regions in General. Later, 30 years after the Chernobyl accident in several parts of the Bryansk region average levels of ^{137}Cs soil contamination, exceed 5 Ku/km^2 , Zlykovskom, Krasnogorsky and Novozybkovskom area content of ^{90}Sr in soil is between 0.2 Ku/km^2 - 0.4 Ku/km^2 . As a consequence, there are risks of agricultural production of ^{137}Cs and ^{90}Sr contaminated above the prescribed limits.

Key words: radiation monitoring, soil, agricultural lands, radionuclides, ^{90}Sr and ^{137}Cs levels

В целом по Российской Федерации загрязнение, обусловленное аварией на Чернобыльской АЭС с плотностью 1 Ки/км^2 (37 kBк/м^2) и выше (на момент обследования, 1993 г) охватывало $57\,680 \text{ км}^2$, что составляло 1,6% от Европейской части страны [1, 6, 8]. Радиологическое обследование сельскохозяйственных угодий в 1993 году проводилось в 14 областях и республике Мордовия на площади 2,5 млн. гектаров. Наибольшему радиоактивному загрязнению подверглись поля сельскохозяйственных угодий Брянской, Калужской, Орловской и Тульской области. Спустя 30 лет радиационная обстановка на территории радиоактивного загрязнения значительно улучшилась. Однако, уровни загрязнения почв сельскохозяйственных угодий ряда районов названных областей остаются высокими и неравномерными. Существуют риски производства сельскохозяйственной продукции выше норматива СанПиН 2.3.4.1078-01 по радиологическим показателям. Оценка этих рисков является актуальной в настоящее время.

В работе Цыбулько Н.Н. [2] представлена почвенно-радиологическая оценка и районирование территории радиоактивного загрязнения в Белоруссии. Для радиологической оценки районов предлагается ввести бальную шкалу. Минимальным баллом характеризуются районы, в которых загрязненные ^{137}Cs почвы составляют не более 10% и другие показатели находятся на минимальном уровне, максимальный балл имеют районы, в которых все земли загрязнены ^{137}Cs и ^{90}Sr , а другие показатели - на максимальном уровне. Устанавливаются взаимосвязи показателей комплексной оценки районов и рисков производства продукции с превышением допустимого содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr . Мы не являемся сторонниками бальной системы оценки рисков. На наш взгляд, использование методов математической статистики и теории вероятностей позволяет оценивать риски более надежно. Однако, в обоих случаях требуется оценивать статистические показатели загрязнения почв на уровне района. В связи с чем, выполнена работа по оценке статистических параметров современного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr почв районов Брянской и Калужской области.

Ранее (по данным обследования 1993 г) мы оценили содержание ^{137}Cs в почве административных районов Брянской области и области в целом [3,4].

Проблема снижения дозовых нагрузок на население была и остается актуальной и в настоящее время. Решается она в основном за счет комплекса агротехнических защитных приемов, поскольку в условиях загрязнения около 50% коллективной дозы формируется за счет поступления радионуклидов

в организм с продуктами питания. Критерием эффективности защитных приемов является уменьшение поступления радионуклидов из почвы в продукцию, что обеспечивает содержание в ней радионуклидов в пределах допустимых уровней. В настоящее время в условиях резкого снижения применяемых норм минеральных удобрений и практически полного прекращения известкования создаются предпосылки увеличения биологической доступности радионуклидов, особенно ^{90}Sr .

В сборнике данных по радиоактивному загрязнению территорий населенных пунктов Российской Федерации [5] представлено их современное состояние по радиоактивному загрязнению ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239+240}\text{Pu}$. Множество данных, которое характеризует радиационную обстановку в населенных пунктах, загрязненной от Чернобыльской аварии территории, является дискретным и точечным. При этом минимальное и максимальное содержание ^{137}Cs в почвенных образцах, отобранных в одном населенном пункте, может отличаться друг от друга в несколько раз. Имеет место сильная вариабельность результатов обследования.

Следует отметить, что загрязнение почвы радионуклидами от крупных радиационных аварий является непрерывной функцией от площади загрязнения. Поэтому радиоактивное загрязнение почвы на местности (в том числе и сельскохозяйственные угодья) следует характеризовать средними значениями, стандартными интервалами содержания, стандартным отклонением среднего значения и уровнем доверия.

Если принять, что населенные пункты являются реперными точками, находящимися между сельскохозяйственными угодьями, то возможна оценка статистических параметров уровней загрязнения почв для отдельных районов и области в целом.

В таблице 1 приведены статистические параметры уровней загрязнения почв ^{137}Cs для районов Брянской области (все статистические расчеты в данной работе проведены с уровнем доверия 0,95). Как видно из табл. 1, загрязнение ^{137}Cs почвы - неравномерно. Очень высокое среднее содержание ^{137}Cs в почве наблюдается в Гордеевском (910 Бк/кг), Красногорском (850 Бк/кг) Злыковском (1180 Бк/кг), Новозыбковском (1300 Бк/кг). В каждом из районов загрязнение почвы также весьма неравномерно.

Таблица 1 – Загрязнение почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению ^{137}Cs от Чернобыльской аварии по районам Брянской области

Район	Среднее Ки/км ² /Бк/кг	Стандартное отклонение Ки/км ² /Бк/кг	Стандартное отклонение среднего Ки/км ² /Бк/кг	Количество	
				населенных пунктов	образцов
Брасовский	0,55/68	0,32/40	0,04/5	73	873
Брянский	0,14/18	0,07/9	0,01/1	39	386
Выгоничский	0,21/26	0,21/26	0,05/6	19	350
Гордеевский	7,4/910	4,1/500	0,5/60	65	1655
Дубровский	0,13/16	0,09/11	0,03/4	9	180
Дятьковский	0,9/110	0,5/60	0,08/10	43	676
Жирятинский	0,13/16	0,5/6	0,02/3,0	15	303
Жуковский	0,15/18	0,08/10	0,01/1	70	433
Злыковский	9,6/1180	5,2/640	100	42	1743
Карачаевский	0,32/39	0,17/21	0,02/2	107	550
Клетнянский	0,12/15	0,04/5	1	17	277
Климовский	3,2/390	1,9/230	0,2/30	112	2329
Клинцовский	4,4/540	3,2/390	0,3/40	116	2702
Комаричский	0,62/76	0,04/49	0,05/6	55	656
Красногорский	6,9/850	10/1230	1,3/160	61	3173
Мглинский	0,15/18	0,11/14	0,01/1	94	351
Навлинский	0,45/55	0,26/32	0,03/4	57	1039
Новозыбковский	10,6/1300	4,1/500	60	57	2450
Погарский	0,68/84	0,3/37	0,03/4	119	2060
Почепский	0,12/15	0,04/5	0,01/1	102	284
Рогнелинский	0,5/60	0,2/25	0,02/3	65	663
Севский	0,45/55	0,34/42	0,07/9	23	277
Стародубский	1,0/120	0,66/80	0,05/6	146	1664
Суземский	0,43/53	0,23/28	0,05/6	20	258
Суражский	0,2/25	0,25/30	0,02/5	99	283
Трубчевский	0,54/66	0,21/26	0,02/3	71	436
Унечский	0,17/21	0,11/14	0,01/1	79	342
Брянская область (27 районов)	1,87/230	3,1/380	0,57/70	1775	26393

В Гордеевском районе типичный интервал изменения концентраций ^{137}Cs в почве равен 410–1410 Бк/кг, в Новозыбковском – 800–1800 Бк/кг, Злыковском – 540–1820 Бк/кг. В Красногорском районе неравномерность загрязнения такова, что не удается оценить нижнюю границу типичного содержания. Верхняя граница составляет 2080 Бк/кг.

Существуют районы с низким содержанием ^{137}Cs в почве. Для Брянской области таковыми являются Брянский, Выгоничский, Дубровский, Жирятинский, Клетнянский, Мглинский, Почепский и Суражский районы. Среднее содержание ^{137}Cs в почве этих районов менее 30 Бк/кг.

Для Брянской области в целом измерение содержания ^{137}Cs в почве проведено в 1775 пунктах, где отобрано и проанализировано 26393 образца. К сожалению, количество населенных пунктов и образцов для отдельных районов сильно разнятся. Поэтому, в основу расчета параметров радиоактивного загрязнения почв ^{137}Cs для Брянской области положены средние значения для районов. В этом случае среднее загрязнение почвы Брянской области составляет 230 Бк/кг, погрешность в определении среднего значения равна 70 Бк/кг, верхняя граница типичного уровня содержания ^{137}Cs в почве 610 Бк/кг.

Риск производства сельскохозяйственной продукции на дерново-подзолистых почвах (песчаные, супесчаные, легкие суглинки) с содержанием ^{137}Cs , превышающим нормативы, возникает с уровня загрязнения почвы 1 Ки/км^2 (123 Бк/кг для пахотного слоя почвы) [3]. Даже при истечении 30 лет с момента аварии верхняя граница уровня загрязнения ^{137}Cs почвы остается достаточно высокой (5 Ки/км^2), что означает сохранение проблем радиоактивного загрязнения почв (и соответственно сельскохозяйственной продукции) в Брянской области.

Загрязнение почвы ^{90}Sr . Загрязнение почвы ^{90}Sr в Брянской области менее значительно, чем ^{137}Cs . Однако более высокая токсичность ^{90}Sr и более высокое накопление в сельскохозяйственных растениях обуславливают его достаточно высокую радиационную опасность. До настоящего времени проблеме радиоактивного загрязнения почв сельскохозяйственных угодий ^{90}Sr в результате Чернобыльской аварии в России не уделялось достаточного внимания.

По экспериментальным результатам, представленным в работе [5], мы оценили средние уровни загрязнения почв ^{90}Sr и их стандартные отклонения для районов и Брянской области в целом. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Загрязнение ^{90}Sr почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению от Чернобыльской аварии по районам Брянской области

Район	Среднее Ки/км ² /Бк/кг	Стандартное отклонение Ки/км ² /Бк/кг	Стандартное отклонение среднего Ки/км ² /Бк/кг	Количество	
				населенных пунктов	образцов
Брасовский	0,01/1,2	0,01		1	1
Брянский	0,014/1,8	0,006/0,7	0,001/0,1	24	73
Выгоничский	0,009/1,1	0,002/0,2	0,0007/0,01	7	14
Гордеевский	0,11/13,5	0,07/8,6	0,008/1,0	72	170
Дубровский	0,01/1,2	0/0	0/0	5	10
Дятьковский	0,03/3,6	0,02/2,4	0,01/1,2	3	3
Жирятинский	0,02/2,4	0,02/2,4	0,01/1,2	9	24
Жуковский	0,014/1,7	0,006/0,7	0,001/0,1	14	28
Злыковский	0,39/48	0,18/22	0,03/4	43	111
Карачаевский	0,019/2,3	0,017/2,1	0,007/0,9	6	6
Клетнянский	0,011/1,4	0,006/0,7	0,003/0,4	4	4
Климовский	0,16/20	0,08/10	0,01/1	38	83
Клинцовский	0,11/14	0,05/6	0,005/0,6	82	221
Комаричский	0,023/2,8	0,01/1,2	0,006/0,7	4	6
Красногорский	0,22/27	0,19/23	0,03/4	47	141
Мглинский	0,014/1,7	0,01/1,2	0,005/0,6	4	4
Навлинский	0,02/2,5			1	1
Новозыбковский	0,20/25	0,10/12	0,01/1	82	302
Погарский	0,03/3,7	0,01/1,2	0,002/0,2	16	18
Почепский	1,2/0,01	0,5/0,005	0,1/0,001	11	21
Рогнелинский	0,02/2,5	0,01/1,2	0,005/0,6	4	7
Севский	0,03/3,7	0,02/2,5	0,01/1,2	5	9
Стародубский	0,03/3,7	0,03/3,7	0,004/0,5	33	39
Суземский	0,06/7,5	0,06/7,5	0,03/3,5	5	5
Суражский	0,009/1,0	0,002/0,2	0,001/0,1	5	5
Трубчевский	0,018/2,2	0,007/0,9	0,002/0,3	11	23
Унечский	0,017/2,1	0,009/1,1	0,003/0,4	13	28
Брянская область (27 районов)	0,06/7,4	0,09/11	0,017/2,1	549	1357

Как видно из таблицы 2, загрязнение ^{90}Sr почвы неравномерно. Среднее содержание ^{90}Sr , превышающее 12 Бк/кг (плотность загрязнения $0,1 \text{ Ки/км}^2$) в почве наблюдается в Гордеевском (13,5 Бк/кг), Красногорском (27 Бк/кг) Злыковском (48 Бк/кг), Новозыбковском (25 Бк/кг) Климовском (20 Бк/кг), Клинцовской (14 Бк/кг).

В каждом из районов загрязнение почвы также весьма неравномерно. В Гордеевском районе типичный интервал изменения концентраций ^{90}Sr в почве равен 5–22 Бк/кг, в Новозыбковском – 13–37 Бк/кг, Злыковском – 26–70 Бк/кг, Климовском – 10–30 Бк/кг, Красногорском 4–50 Бк/кг, Клинцовском 8–20 Бк/кг.

В остальных районах среднее содержание ^{90}Sr в почве находится в интервале 1–4 Бк/кг, исключение составляет Суземский район, где среднее содержание ^{90}Sr равно 7,5 Бк/кг.

Для Брянской области в целом измерение содержание ^{90}Sr в почве проведено в 549 населенных пунктах, где отобрано и проанализировано 1357 образцов. В основу расчета параметров радиоактивного загрязнения почв ^{90}Sr для Брянской области положены средние значения для районов. В этом случае среднее загрязнение почвы Брянской области составляет 7,4 Бк/кг, погрешность в определении среднего значения равна 2,1 Бк/кг, верхняя граница типичного уровня содержания 18,4 Бк/кг. Риск производства сельскохозяйственной продукции с содержанием ^{90}Sr , превышающим нормативы, возникает с уровня загрязнения почвы $0,3 \text{ Ки/км}^2$ (37 Бк/кг для пахотного слоя почвы) [5]. В настоящее время верхняя граница типичного распределения содержания ^{90}Sr в почве Новозыбковского, Злыковского и Красногорского районах превышает это значение. Поэтому существуют риски получения сельскохозяйственной продукции в этих районах, загрязненной ^{90}Sr выше нормативов СанПиН 2.3.4.1078-01[6].

Для средних значений содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве районов Брянской области наблюдается положительная линейная корреляция. Коэффициент линейной корреляции равен 0,89 (уровень доверия 0,95). Соотношение в почве удельных активностей $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr} = 24 \pm 3$.

В 1993 году площадь сельскохозяйственных угодий Калужской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению от Чернобыльской аварии и имевших уровень загрязнения по ^{137}Cs более 1 Ки/км^2 составляла 162000 га. Из них в зоне загрязнения $1-5 \text{ Ки/км}^2$ находилось 128000 га, $5-15 \text{ Ки/км}^2$ – 33000 га, $15-40 \text{ Ки/км}^2$ – 1000 га [1].

Приведенные данные загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr в населенных пунктах Калужской области дают возможность оценить статистические параметры современных уровней загрязнения почв сельскохозяйственных угодий отдельных районов и области. В таблице 3 дано среднее содержание ^{137}Cs почв районов Калужской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению от Чернобыльской аварии

В 15 районах Калужской области среднее содержание ^{137}Cs в почве равно 87 Бк/кг при погрешности оценки равной 26 Бк/кг. Верхняя граница типичного содержания равна 187 Бк/кг.

Таблица 3 – Загрязнение почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению ^{137}Cs от Чернобыльской аварии по районам Калужской области

Район	Среднее Ки/км ² /Бк/кг	Стандартное отклонение Ки/км ² /Бк/кг	Стандартное отклонение среднего Ки/км ² /Бк/кг	Количество	
				населенных пунктов	образцов
Бабынинский	0,30/37	0,15/19	0,06/7	7	51
Боровский	0,05/6			2	6
Думнический	0,41/50	0,40/49	0,07/9	29	159
Жиздринский	1,7/210	1,3/160	0,13/16	91	1444
Кировский	0,56/69	0,18/22	0,05/6	13	157
Козельский	0,52/64	0,32/40	0,05/6	42	344
Куйбышевский	0,62/76	0,25/31	0,03/4	66	694
Людиновский	0,9/110	0,4/49	0,06/7	45	654
Малоярославский	0,07/9			2	4
Мещовский	0,27/33	0,23/28	0,04/5	30	183
Перемышльский	0,17/21	0,10/12	0,02/3	19	82
Сухнический	0,11/14	0,09/11	0,04/5	7	20
Ульяновский	2,7/330	1,4/172	0,14/17	106	1745
Хвастовичский	2,1/258	1,6/197	0,1/12	169	4350
Юхновский	0,15/18	0,06/7	0,02/2	4	13
Калужская область (15 р-нов)	0,71/87	0,81/100	0,21/26	632	9906

В Ульяновском (330 Бк/кг, 2,7 Ки/км²), Жиздринском (210 Бк/кг, 1,7 Ки/км²) и Хвастовичском (258 Бк/кг, 2,1 Ки/км²) районах средняя плотность ^{137}Cs превышает 1 Ки/км². Во всех радиоактивно загрязненных районах Калужской области наблюдается большая вариабельность загрязнения почвы ^{137}Cs .

Верхняя граница типичной плотности загрязнения ^{137}Cs почвы Калужской области равна 187 Бк/кг. В Жиздринском (370 Бк/кг, 3,0 Ки/км²), Людиновском (159 Бк/кг, 1,3 Ки/км²), Ульяновском (502 Бк/кг, 4,1 Ки/км²), Хвастовичском (455 Бк/кг, 3,7 Ки/км²) превышает уровень загрязнения 1 Ки/км², что обуславливает риск (вероятность) производства сельскохозяйственной продукции сверх норматива СанПиН 2.3.4.1078-01.

В Калужской области определение содержания ^{90}Sr в почве проведено в 6 районах, 83 населенных пунктах, где отобрано и проанализировано 149 образцов. Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Загрязнение почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению ^{90}Sr от Чернобыльской аварии по районам Калужской области

Район	Среднее Ки/км ² /Бк/кг	Стандартное отклонение Ки/км ² /Бк/кг	Стандартное отклонение среднего Ки/км ² /Бк/кг	Количество	
				населенных пунктов	образцов
Жиздринский	0,11/14	0,09/11	0,02/3	17	22
Кировский	0,04/5			2	2
Куйбышевский	0,02/3			3	3
Мещовский	0,02/3			3	3
Ульяновский	0,09/11	0,03/4	0,007/1	25	74
Хвастовичский	0,08/10	0,13/16	0,02/3	33	45
Калужская область (6 районов)	7,7/0,06	4,6/0,04	1,9/0,015	83	149

В основу расчета параметров радиоактивного загрязнения почв (радиоактивного пятна) ^{90}Sr для 6 районов Калужской области положены средние

значения для районов. В этом случае среднее загрязнение почвы составляет 7,7 Бк/кг, погрешность в определении среднего значения равна 1,9 Бк/кг, верхняя граница типичного уровня содержания 12,3 Бк/кг.

В Жиздринском, Ульяновском и Хвастовичском районе среднее содержание ^{90}Sr в почве в 2-2,5 раза выше, чем таковое для почв России в целом. В других трех районах оно находится внутри интервалов типичного содержания ^{90}Sr в почвах РФ.

Риск производства сельскохозяйственной продукции с содержанием ^{90}Sr , превышающим нормативы, возникает с уровня загрязнения почвы 0,3 Ки/км². В настоящее время верхняя граница типичного содержания ^{90}Sr (плотности загрязнения) в почвах 6 районов Калужской области ниже этого уровня. Производства сельскохозяйственной продукции, загрязненной ^{90}Sr выше нормативов СанПиН 2.3.4.1078-01 маловероятно (риск менее 5%).

Для средних значений содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве 6 районов Калужской области наблюдается положительная линейная корреляция. Коэффициент линейной корреляции равен 0,74. Соотношение в почве удельных активностей $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr} = 21 \pm 9$.

На полях сельскохозяйственных угодий в Брянской и Калужской областях необходимо заложить реперные участки и проводить на них отбор почвенных и растительных проб с дальнейшим определением в них содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr . В дальнейшем это позволит оценить динамику изменения уровней загрязнения почв на загрязненных территориях [7].

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1993 году». – С. 64-69. Утв. Постановл. Прав. РФ от 24.01. 93 г. №53.
2. Цыбулько Н.Н. Оптимизация использования загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель и агрохимических защитных мероприятий в отдаленный период чернобыльской аварии / Автореферат доктор. диссер.- Минск, 2017. – 46 с.
3. Сычев В.Г., Лунев М.И., Орлов М.М., Белоус Н.М. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв. – М.: ВНИИА. 2016 – 183 с.
4. Орлов П.М., Лунев М.И., Сычев В.Г. Радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. – М.: ВНИИА. 2015 – 175 с.
5. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$. / Под редакцией С.М. Вакуловского. Обнинск, ФГБУ «НПО «Тайфун», 2015. – 225 с.
6. Российский национальный доклад. 25 ЛЕТ Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986–2011/ Под общей редакцией С.К. Шойгу, Л.А. Большова. М. 2011. – 160 с.
7. Булгаков В. Г. Государственный мониторинг радиационной обстановки на территории Российской Федерации: состояние и основные направления развития. Круглый стол – 60 лет Обнинску Обнинск, Научно-производственное объединение «Тайфун». – 2016. – 25 с.
8. Куликова Е.Г., Ефремова С.Ю. Радиационная обстановка Пензенской области вчера и сегодня // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2016. № 2 (30). С. 204-211.

УДК 5.54.544.7
ББК 20.1

**ХАРАКТЕРИСТИКИ АДСОРБЦИИ ИОНОВ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
НА ОРГАНОМОДИФИЦИРОВАННОМ БЕНТОНИТЕ
В ЗАДАЧЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

- © *А.В. Косарев, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов, Россия)*
© *А.В. Кошелев, ФГУП «ГосНИИОХТ», (г. Москва, Россия)*
© *В.А. Заматырина, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов, Россия)*
© *Е.И. Тихомирова, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов, Россия)*
© *О.В. Атаманова, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов, Россия)*
© *М.В. Истрашкина, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. (г. Саратов, Россия)*

**CHARACTERISTICS OF HEAVY METAL IONS ADSORPTION
AT ORGANOMODIFIED BENTONITE IN THE TASK
OF IMPROVING ENVIRONMENTAL SAFETY OF WASTE WATER**

- © *A.V. Kosarev, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (Saratov, Russia)*
© *A.V. Koshelev, State Scientific Research Institute of Organic Chemistry and Technology (Moscow, Russia)*
© *V.A. Zamatyrina, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (Saratov, Russia)*
© *E.I. Tichomirova, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (Saratov, Russia)*
© *O.V. Atamanova, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (Saratov, Russia)*
© *M.V. Istrashkina, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (Saratov, Russia)*

Показано, что наиболее характерным механизмом адсорбции ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} на органофицированном бентоните в статическом режиме является формирование смешанных слоев адсорбата на поверхности адсорбента с преобладанием мономолекулярной адсорбции, при которой взаимодействием между частицами адсорбата можно пренебречь. На основании анализа адсорбции в температурном интервале 25-40° С с помощью изотермы Дубинина-Радушкевича установлено, что процесс взаимодействия указанных ионов с органофицированным бентонитом является хемосорбцией. Установлено, что эффективность адсорбции ионов тяжелых металлов с органофицированным бентонитом в динамических условиях снижается в ряду $\text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+}$.

Ключевые слова: сорбция, органофицированный бентонит, сточные воды, очистка сточных вод, тяжелые металлы

It has been shown that the most distinctive mechanism for the adsorption of Pb^{2+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} on organomodified bentonite in a static mode is the formation of mixed layers of adsorbate. This is dominated by monomolecular adsorption, where the interaction between the particles of adsorbate negligible is low. It is established that the process of interaction of the said ions with organobentonite is chemisorption at the temperature interval with the Dubinin-Radushkevich isotherm. The effectiveness of heavy metals adsorption with organobentonite decreases in a series of $\text{Pb}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Cu}^{2+}$.

Key words: sorption, organic bentonite, waste water, waste water treatment, heavy metals

Природные воды загрязняются вследствие множества разных причин. Во-первых, с атмосферными осадками и тальми водами в водоемы поступает большая часть загрязняющих веществ. Осадки приносят из атмосферы и улиц городов пыль и продукты нефте-переработки, а с полей – ядохимикаты, минеральные удобрения, соли и частички почвы. Во-вторых, каждый год происходит сброс промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод в поверхностные водные объекты страны, причем ~ 50% таких вод – неочищенные или недостаточно очищенные. Большое количество загрязняющих веществ содержится в них. На жилищно-коммунальное хозяйство приходится около 45% сточных вод, а промышленность дает примерно 35% сточных вод. Все крупнейшие реки России – Волга, Дон, Обь, Енисей, Лена оцениваются как «загрязненные». Как «очень загрязненная» оценивается вода в их крупных притоках [1, 2].

Несмотря на то, что по сравнению с поверхностными водами, подземные лучше защищены от загрязнения, их качество ухудшается. Главными источниками их загрязнения являются промышленные (около 40%) и сельскохозяйственные предприятия (15%), а также жилищно-коммунальное хозяйство (10%).

Сорбционная очистка имеет большое значение среди современных методов очистки сточных вод, причем качество сорбента определяет эффективность очистки.

Исследуемый вид адсорбентов интересен тем, что его поры характеризуются идеальной однородностью размеров, которые не изменяются даже в узких пределах. Эти адсорбенты обладают тремя специфическими свойствами: высокой селективностью; повышенным сродством к полярным адсорбатам, что объясняется ярко выраженным гетероионным характером внутренней поверхности; высокой адсорбционной емкостью и способностью полностью извлекать адсорбат из данной системы [3].

Механизм адсорбции на алюмосиликатах может быть реализован двумя способами: ионообменным [4] и молекулярно-ситовым [5]. Ионообменный механизм представляет собой хемосорбцию и обуславливается каркасной тетраэдро-октаэдрической структурой алюмосиликата, которая имеет отрицательный заряд и скомпенсирована зарядом противоиона. В ходе такого механизма адсорбции происходит обмен внутренних катионов алюмосиликата, нейтрализующих отрицательный заряд каркаса, на катионы адсорбтива – тяжелых металлов, находящихся в воде. Механизм адсорбции молекулярно-ситовой обусловлен физическими факторами.

Бентонит относится к глинистым алюмосиликатам на основе монтмориллонита. Данный класс алюмосиликатов примечателен тем, что размеры их частиц понижаются до наноуровня с помощью химической модификации, что позволяет избегать трудоемкого механического дробления. Для того чтобы получить композиционные материалы, обладающие заданными физико-химическими свойствами (поверхностной активностью, адсорбционной емкостью, емкостью катионного обмена и др.) необходимо повысить термодинамический фактор соответствия органического адсорбтива и адсорбента-алюмосиликата. Это возможно достичь путем органомодификации глинистого материала катионными поверхностно-активными веществами, которые способствуют формированию органофильных слоев, которые обладая пониженной поверхностной активностью, приводят к изменению в структуре алюмосиликата, а именно, возрастанию межпакетного расстояния. При этом создаются стерические

предпосылки для повышения эффективности взаимодействия низко- и высокомолекулярных органических молекул с адсорбентом-алюмосиликатом [5,6]. Для определенной плотности упаковки структура ориентации молекул модификатора соответствует ближнему порядку, во многом аналогичному жидкокристаллическому состоянию [7]. Согласно данным молекулярно-динамического подхода к изучению структуры модифицированного монтмориллонита, при возрастании длины углеводородного радикала в молекуле катионного ПАВ структура гидрофобного слоя модификатора увеличивает свою упорядоченность, после чего резко переходит в беспорядочную бислойную систему. Продукты модификации бентонитовых структур с помощью неионных ПАВ имеют особое значение. При использовании полимерных модификаторов с различными свойствами возможно получение композитных адсорбентов с разной катионообменной емкости. Такие системы формируются путем изменения морфологии глинистого материала до кристаллитов, включая также проникновение молекул неионного ПАВ в межплоскостную галерею алюмосиликата.

Целью настоящей работы являлось исследование адсорбционной активности природных органомодифицированных алюмосиликатов на основе бентонита по отношению к ионам $Pb^{2+} > Cd^{2+} > Cu^{2+}$.

Схема процесса взаимодействия ионов тяжелых металлов с поверхностью органобентонита может быть представлена в виде:



где a – это адсорбтив, представляющий собой форму ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , не связанная с адсорбентом и находящаяся в водной фазе раствора;

Ads – адсорбент (органобентонит);

$aAds$ – адсорбат, представляющий собой форму ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , связанную с адсорбентом.

Химическая кинетика показывает, что процесс, описываемый схемой (1) при условии постоянства концентрации адсорбента (органобентонита) возможно рассматривать как псевдомономолекулярную реакцию взаимодействия адсорбтива и адсорбента, в результате которой происходит образование адсорбата, характеризующаяся константой равновесия K с размерностью л/моль. Данная величина является интенсивной характеристикой процесса. Наряду с ней величина сорбционной емкости Γ_{∞} (моль/г) также несет важную информацию о процессе адсорбции. Данная величина представляет собой предельную концентрацию адсорбата в фазе адсорбента:

$$\Gamma_{\infty} = \frac{dn_{\infty}}{dm}, \quad (2)$$

где dn_{∞} - это предельное значение количества вещества (в молях) адсорбата, связанное с единицей массы dm адсорбента (в граммах). Эта величина характеризует эффективность процессе адсорбции. Сорбционная емкость представляет собой предельное значение величины адсорбции Γ :

$$\Gamma_{\infty} = \lim_{n \rightarrow n_{\infty}} \Gamma \quad (3)$$

Для изучения особенности взаимодействия ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} с органобентонитом нами были выбраны три подхода, а именно изотермы Ленгмюра, Фрейндлиха и Бронауэра-Эммета-Тейлера (изотермы БЭТ). В первой из них (по Ленгмюру) адсорбционный процесс рассматривается как формирование мономолекулярных слоев взаимодействия адсорбата с адсорбентом, вторая

(по Фрейндлиху) базируется на представлении о смешанном характере формирования таких слоев, состоящих из мономолекулярных и полимолекулярных фрагментов, третий тип изотермы (БЭТ) отвечает формированию полимолекулярного слоя адсорбата на поверхности адсорбента. Таким образом, при рассмотрении процесса адсорбции ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} на органобентоните в рамках этих трех подходов, возможно сделать вывод о том, какой из этих подходов в наилучшей степени описывает изучаемый процесс, и как следствие, сделать заключение о механизме адсорбции в рассматриваемой системе.

Изотерма Ленгмюра основана на следующих предположениях:

а) все активные центры однородной поверхности адсорбента обладают равной энергией и энтальпией сорбции;

б) между адсорбированными молекулами, образующими мономолекулярный слой, нет взаимодействия [8].

Изотерма адсорбции Ленгмюра имеет следующий вид:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{K_L C_p}{1 + K_L C_p}, \quad (4)$$

где K_L – константа равновесия адсорбции Ленгмюра (л/моль); C_p – равновесная концентрация ионов тяжелых металлов в растворе (моль /л). Линеаризованное уравнение (4) имеет вид:

$$\frac{1}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty} K_L} \cdot \frac{1}{C_p} + \frac{1}{\Gamma_{\infty}} \quad (5)$$

Из выше изложенного следует, что в рамках подхода Ленгмюра зависимость $\frac{1}{\Gamma} v_s \frac{1}{C_p}$ является линейной, то есть задающейся зависимостью вида

$$y = kx + b, \quad (6)$$

где k – угловой коэффициент зависимости $y(x)$ (в нашем случае графика $\frac{1}{\Gamma} v_s \frac{1}{C_p}$), b – вертикальная отсечка этого графика. Сопоставляя выражения (5)

и (6), получаем, что величина сорбционной емкости Γ_{∞} может быть найдена следующим образом:

$$\Gamma_{\infty} = \frac{1}{b} \quad (7)$$

Величина константы равновесия адсорбции Ленгмюра может быть найдена из соотношения K_L [7]:

$$K_L = \frac{b}{k} \quad (8)$$

Изотермы адсорбции ионов тяжелых металлов на органобентоните в линеаризованной по Ленгмюру форме приведены на рисунке 1 (а – для иона Cd^{2+} , б – для иона Pb^{2+} , в – для иона Cu^{2+}).

Согласно модели адсорбции Фрейндлиха допускается, что на энергетически неоднородной поверхности адсорбента распределение числа адсорбционных центров носит экспоненциальный характер. Изотерма адсорбции Ленгмюра имеет вид:

$$\Gamma = K_F C_p^{1/n}, \quad (9)$$

где K_F – константа Фрейндлиха, являющаяся мерой эффективности данного процесса, n – параметр интенсивности адсорбции по Фрейндлиху. С уменьшением n интенсивность адсорбции повышается.

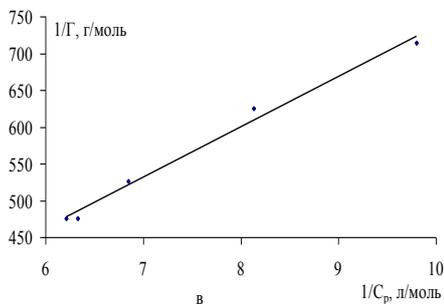
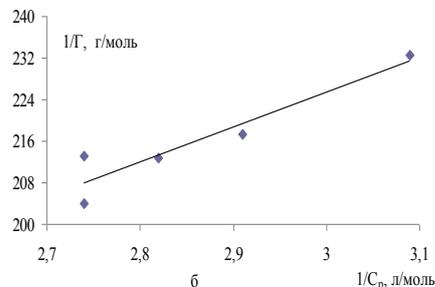
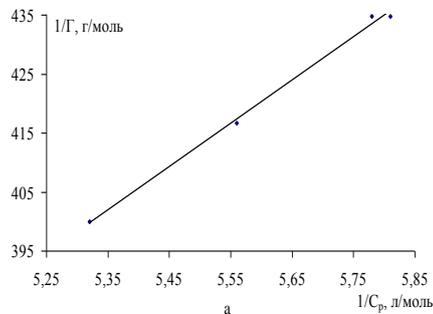


Рисунок 1 – Изотермы адсорбции ионов Cd^{2+} (а), Pb^{2+} (б), Cu^{2+} (в) на полученном сорбенте для статических условий в линеаризованной по Ленгмюру форме

Линеаризация уравнения (9) может быть произведена в логарифмической форме:

$$\lg \Gamma = \frac{1}{n} C_p + \lg K_F \quad (10)$$

Сопоставление уравнений (9) и (10) позволяет определить величины K_F и n следующим образом:

$$n = \frac{1}{k}, \quad (11)$$

$$K_F = 10^b, \quad (12)$$

где k и b – угловой коэффициент и вертикальная отсечка линейной зависимости $\lg \Gamma$ vs $\lg C_p$.

Изотермы адсорбции ионов тяжелых металлов на органобентоните в линеаризованной по Фрейндлиху форме приведены на рисунке 2 (а – для иона Cd^{2+} , б – для иона Pb^{2+} , в – для иона Cu^{2+}).

Адсорбционная модель Бронауэра-Эммета-Тейлера (БЭТ) основана на следующих допущениях: адсорбент имеет однородную структуру своей поверхности и при этом сильнее происходит взаимодействие адсорбата с адсорбентом, чем частиц адсорбата между собой; адсорбированные частицы взаимодействуют по нормали к поверхности адсорбции интенсивнее, чем в самой плоскости адсорбции.

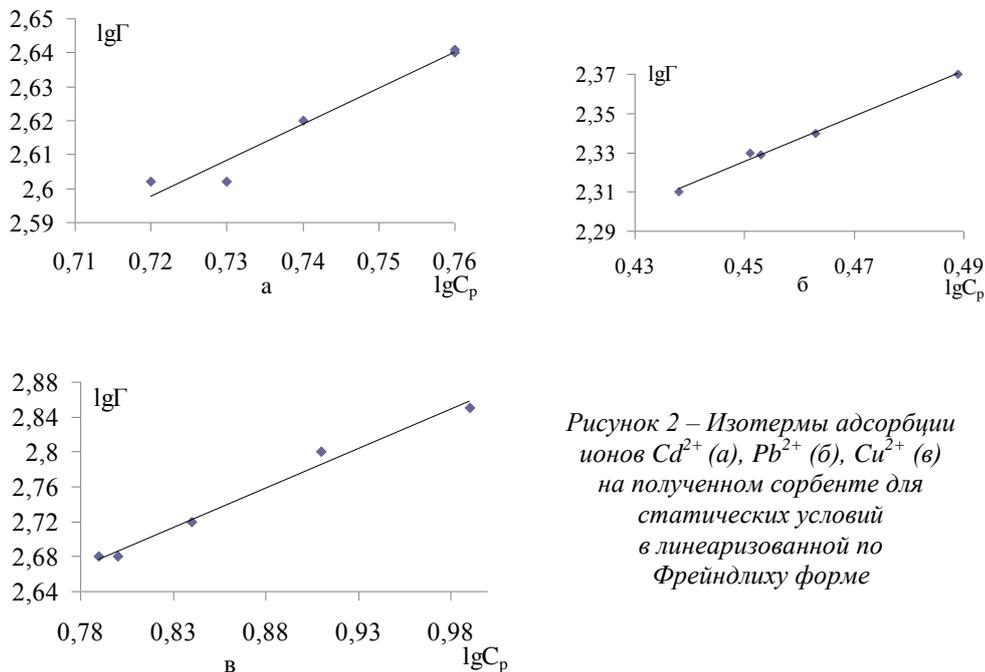


Рисунок 2 – Изотермы адсорбции ионов Cd^{2+} (а), Pb^{2+} (б), Cu^{2+} (в) на полученном сорбенте для статических условий в линеаризованной по Фрейндлиху форме

При этом изотерма адсорбции БЭТ примет вид [8]:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{K_{БЭТ} C_p C_s}{(C_s - C_p) [C_s + (K_{БЭТ} - 1)C_p]}, \quad (13)$$

где $K_{БЭТ}$ – константа БЭТ, являющаяся мерой интенсивности процесса адсорбции в рамках данной модели, C_s – растворимость адсорбтива в воде.

В линеаризованном виде уравнение (13) можно представить таким образом:

$$\frac{C_p}{\Gamma(C_s - C_p)} = \frac{K_{БЭТ} - 1}{\Gamma_{\infty} K_{БЭТ}} \cdot \frac{C_p}{C_s} + \frac{1}{\Gamma_{\infty} K_{БЭТ}} \quad (14)$$

Сравнивая выражения (13) и (14) делаем вывод о том, что параметры адсорбции Γ_{∞} и $K_{БЭТ}$ можно определить следующим образом:

$$\Gamma_{\infty} = \frac{1}{b+k}, \quad (15) \quad K_{БЭТ} = \frac{b+k}{b}, \quad (16)$$

где k и b – угловой коэффициент и вертикальная отсечка линейной зависимости $\frac{C_p}{\Gamma(C_s - C_p)}$ vs $\frac{C_p}{C_s}$.

Изотермы адсорбции ионов тяжелых металлов на органобентоните в линеаризованной по БЭТ форме приведены на рисунке 3 (а – для иона Cd^{2+} , б – для иона Pb^{2+} , в – для иона Cu^{2+}).

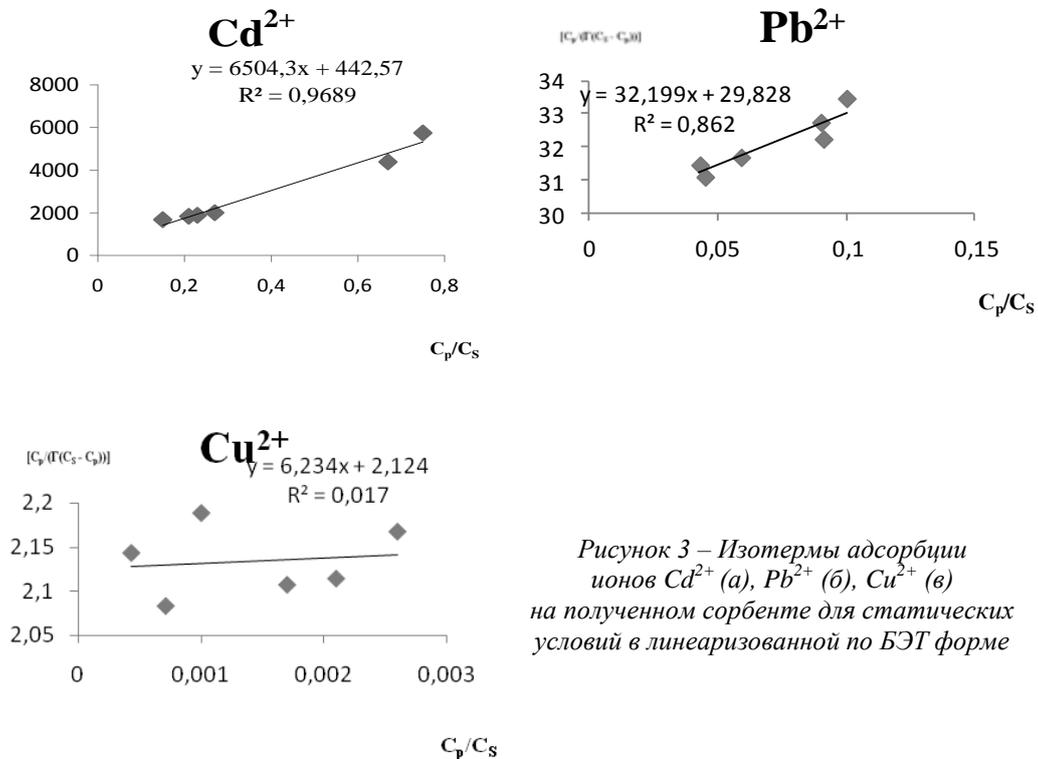


Рисунок 3 – Изотермы адсорбции ионов Cd²⁺ (а), Pb²⁺ (б), Cu²⁺ (в) на полученном сорбенте для статических условий в линеаризованной по БЭТ форме

Анализируя полученные изотермы (табл. 1) можно сделать вывод о том, что адсорбция ионов Cd²⁺, Pb²⁺, Cu²⁺ на полученном сорбенте протекает в соответствии с моделями Ленгмюра и Фрейндлиха.

По результатам проведенных нами исследований можно сделать заключение, что механизм адсорбции ионов Cd²⁺, Pb²⁺, Cu²⁺, который наиболее характерен в статическом режиме, представляет собой формирование смешанных слоев адсорбата на поверхности адсорбента с преобладанием мономолекулярной адсорбции, при которой можно пренебречь взаимодействием между частицами адсорбата.

Нами была определена энергия адсорбции, а также вид адсорбционного процесса ионов Cd²⁺, Pb²⁺, Cu²⁺ на полученном сорбенте (физическая сорбция или хемосорбция) в рамках подхода Дубинина-Радушкевича [8, 9].

Для определения вида адсорбции ионов Cd²⁺, Pb²⁺, Cu²⁺ на полученном сорбенте применяли подход Дубинина-Радушкевича. Нами проведены эксперименты по адсорбции данных ионов на органобентоните для разных температур из интервала 25÷40°С. Значения равновесной концентрации C_p, определенные нами из экспериментов по адсорбции ионов тяжелых металлов при каждой температуре из интервала 25, 30, 35, 40 °С, применялись для расчета значений ε.

Таблица 1 – Параметры процесса адсорбции ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} на органобентоните, полученные в рамках моделей Ленгмюра, Фрейндлиха и БЭТ

Cd^{2+}				
Вид изотермы	Параметры изотермы		R^2	Регрессионная формула
Ленгмюр	$K_L = 0,904$	$\Gamma_{\infty} = 0,0150$	0,996	$1/\Gamma = 73,628(1/C) + 66,579$
Фрейндлих	$n = 0,998$	$K_F = 74,131$	0,9998	$lg\Gamma = 1,0024lgC + 1,8735$
БЭТ	$K_{БЭТ} = 0,00019$	$\Gamma_{\infty} = 1,074$	0,0033	$C_p/(\Gamma(C_s - C_p)) = 360,51(C_p/C_s) + 4888,2$
Pb^{2+}				
Вид изотермы	Параметры изотермы		R^2	Регрессионная формула
Ленгмюр	$K_L = 3,612$	$\Gamma_{\infty} = 0,0039$	0,988	$1/\Gamma = 70,868(1/C) + 17,655$
Фрейндлих	$n = 1,056$	$K_F = 263,027$	0,9896	$lg\Gamma = 0,9466lgC + 1,9089$
БЭТ	$K_{БЭТ} = 0,014$	$\Gamma_{\infty} = 2,202$	0,4479	$C_p/(\Gamma(C_s - C_p)) = 38,699(C_p/C_s) + 29,299$
Cu^{2+}				
Вид изотермы	Параметры изотермы		R^2	Регрессионная формула
Ленгмюр	$K_L = 4,666$	$\Gamma_{\infty} = 0,0029$	0,9999	$1/\Gamma = 75,009(1/C) + 1,7427$
Фрейндлих	$n = 1,0005$	$K_F = 1000$	0,9996	$lg\Gamma = 0,9995lgC + 1,876$
БЭТ	$K_{БЭТ} = 0,034$	$\Gamma_{\infty} = 13,34$	0,0772	$C_p/(\Gamma(C_s - C_p)) = 31,257(C_p/C_s) + 2,1759$

Рассчитана зависимость величины $-\ln\Gamma$ от величины квадрата потенциала Поляни ε^2 , соответствующего температуре эксперимента в статических условиях (рис. 4) и в динамических условиях (рис. 5). Потенциал Поляни ε (кДж/моль) характеризует изотермическую работу переноса одного моля ионов тяжелого металла из объема равновесного раствора к поверхности органобентонита. Этот потенциал, как и средняя свободная энергия адсорбции E (кДж/моль) рассчитывались нами в рамках подхода Дубинина-Радушкевича:

$$\varepsilon = RT \ln \left(1 + \frac{1}{c_p} \right), \quad (17) \quad E = (-2k)^{-0,5}, \quad (18)$$

где R – универсальная газовая постоянная ($R=8,31$ Дж/моль·К), T – температура эксперимента, C_p – равновесная концентрация иона адсорбата в водной фазе раствора (17), а k – константа (18), характеризующая природу сил взаимодействия «адсорбент-адсорбат» (моль²/кДж²). Найденные значения E представлены в таблице 2.

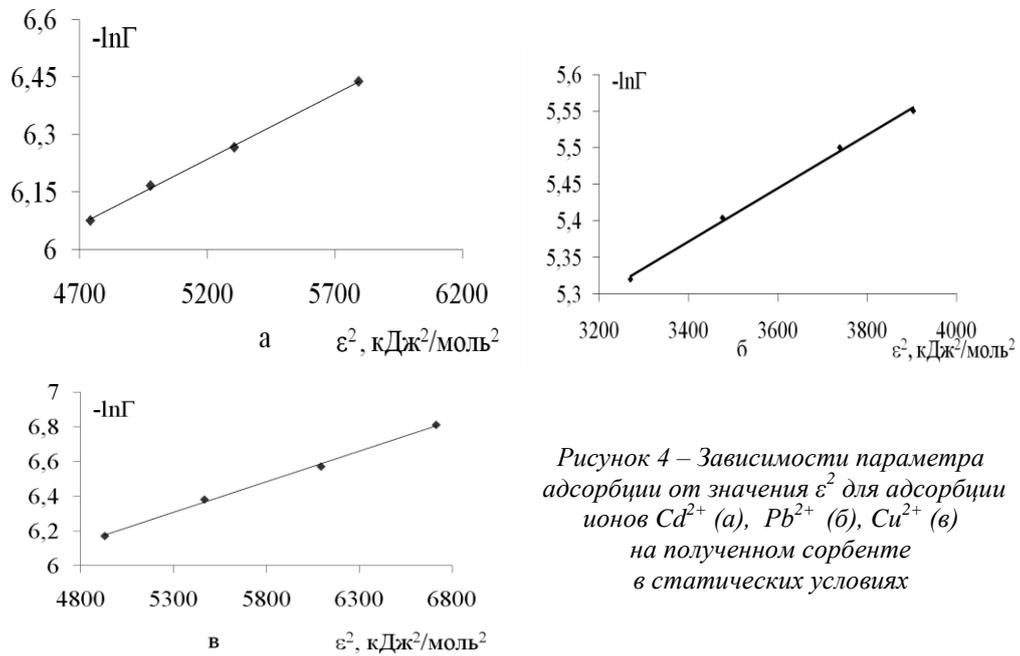


Рисунок 4 – Зависимости параметра адсорбции от значения ε^2 для адсорбции ионов Cd^{2+} (а), Pb^{2+} (б), Cu^{2+} (в) на полученном сорбенте в статических условиях

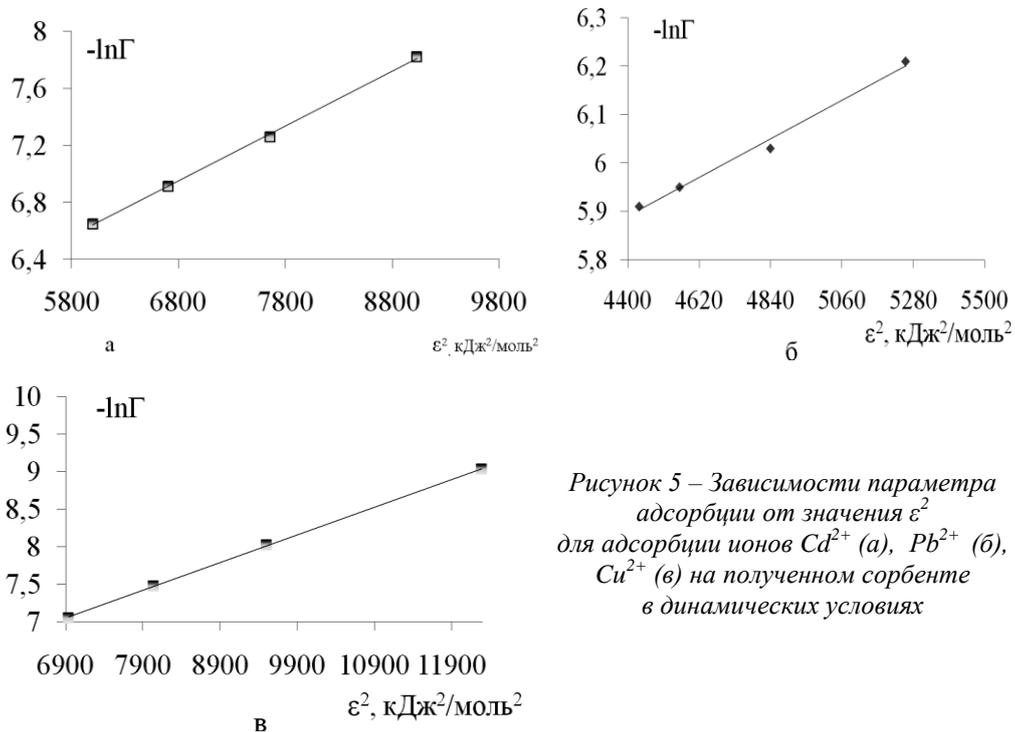


Рисунок 5 – Зависимости параметра адсорбции от значения ε^2 для адсорбции ионов Cd^{2+} (а), Pb^{2+} (б), Cu^{2+} (в) на полученном сорбенте в динамических условиях

Таблица 2 – Значения энергии адсорбции E (кДж/моль) ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} на органобентоните

Ион адсорбата	Статические условия		Динамические условия	
	K , моль ² /кДж ²	E , кДж/моль	K , моль ² /кДж ²	E , кДж/моль
Cd^{2+}	$0,0030 \pm 0,0002$	$12,9 \pm 1,0$	$0,0040 \pm 0,0003$	$11,2 \pm 0,8$
Pb^{2+}	$0,0040 \pm 0,0003$	$11,2 \pm 0,9$	$0,0050 \pm 0,0004$	$10,0 \pm 0,7$
Cu^{2+}	$0,0050 \pm 0,0004$	$15,8 \pm 1,2$	$0,0021 \pm 0,0002$	$15,4 \pm 1,1$

Таким образом, получается, что в исследованном температурном интервале значение средней свободной энергии адсорбции E относится к диапазону $8 \div 16$ кДж/моль, что указывает на то, что адсорбция ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} на органобентоните происходит по ионообменному механизму, то есть представляет собой хемосорбцию [12].

Итак, эффективность адсорбции ионов тяжелых металлов с органобентонитом в динамических условиях снижается в ряду $Pb^{2+} > Cd^{2+} > Cu^{2+}$. Это можно объяснить возрастанием стерических и энергетических факторов активности адсорбционных центров органобентонита по отношению к ионам тяжелых металлов в данном ряду.

Анализируя изотермы адсорбции можно сделать вывод о том, что наиболее характерным механизмом адсорбции ионов Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} в статическом режиме является формирование смешанных слоев адсорбата на поверхности адсорбента с преобладанием мономолекулярной адсорбции, при которой взаимодействием между частицами адсорбата можно пренебречь [12].

Охрана водных ресурсов от загрязнения и истощения, а также их рациональное использование – одна из наиболее важных задач, требующая безотлагательного исполнения. Мероприятия по охране окружающей среды достаточно широко осуществляются в нашей стране, в частности это касается очистки производственных сточных вод. Добиться значительного уменьшения загрязненности воды, сбрасываемой предприятиями, возможно путем выделения ценных примесей из сточных вод.

Решить проблему загрязнения воды, кроме очистки сточных вод, возможно за счет внедрения более совершенных технологий водопотребления, что позволит снизить объемы загрязнения.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – М.: Минприроды России; НИИ-Природа. 2016. 639 с.
2. Ларионов, В.Г. Экологическое состояние и перспективы развития России: теоретико-правовые основы и практико-методический инструментарий / Ларионов В.Г., [и др.]. – Воронеж, 2017. 323 с.
3. Ким, О.К. Пилларированные алюминием и железом слоистые алюмосиликаты в процессах очистки водных растворов от хрома(III) / О.К. Ким, Л.Д. Волкова, Н.А. Закарина // Башкирский химический журнал. 2011. Т.18. № 3. С. 62-65.
4. Назаренко, О.Б. Применение бадинского цеолита для удаления фосфатов из сточных вод / О.Б. Назаренко, Р.Ф. Зарубина // Известия Томского политехнического института, 2013, Т.322, №3. С.11-14.

5. Weitkamp J., Hunger M. *Introduction to Zeolite Science and Practice* / Ed. by J. Ceika, H. van Bekkum, A. Corma, F. Schuth // *Stud. Surf. Sci. Catal.* 2007. V. 168. P. 787.
6. Tarasevich, Yu.I. *Ab initio calculation of the hydration of organic cations and their associates with amines on the surface of kaolinite* /Yu. I. Tarasevich, E. V. Aksenenko, V.E. Polyakov // *Theoretical and Experimental Chemistry.* 2009. Vol. 45. Is.6. Pp. 373-379.
7. Косарев, А.В. *Моделирование структуры композиционных адсорбентов “алюмосиликат-неионное ПАВ” в решении задач повышения эффективности водоочистки* /А.В. Косарев, О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова, М.В. Истришкина // *Вестник КРСУ.* 2017. Т. 17. № 8. С.116-120.
8. Ларионов, О.Г. *100 лет хроматографии: Сборник научных трудов* / О.Г. Ларионов и др. / Под ред. Б.А. Руденко. - М.: Наука, 2003. С. 439-477.
9. Карнаухов, А.П. *Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов.* – Новосибирск: Наука, 1999. 470 с.
10. Веденеева, Н.В. *Применение комбинированных фильтрующих загрузок с использованием наноструктурированных сорбентов для очистки поверхностных вод Саратовской области* / Н.В. Веденеева [и др.] // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение.* 2016. № 9(105). С. 18-22.
11. Косарев, А.В. *Математическая модель адсорбции тяжелых металлов на органобентоните* / А.В. Косарев [и др.] // *Вавиловские чтения.* – 2014: Сб. статей междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: Буква, 2014. С. 290-291.
12. Заматырина, В.А. *Метод очистки сточных вод от тяжелых металлов и нефтепродуктов с использованием модифицированного органобентонита: диссертация ... кандидата технических наук: 03.02.08 / Заматырина Валентина Алексеевна; [Место защиты: Пенз. гос. технол. акад.].* – Саратов, 2015. 116 с.

ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ И МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСТРЕННЫХ И СОЦИАЛЬНО-КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 159.922.2

О НЕКОТОРЫХ АКТУАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМАХ ВИРТУАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ В ИНФОРМАЦИОННУЮ ЭПОХУ

© С. Е. Ковалева, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)

ABOUT SOME CURRENT SOCIAL AND PSYCHOLOGICAL PROBLEMS OF VIRTUAL COMMUNICATION DURING INFORMATION ERA

© S.E. Kovalyeva, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Данная статья посвящена обсуждению актуальных социально-психологических проблем виртуальной коммуникации. Ставится проблема возникновения кибер-агрессии у пользователей социальных сетей. Автор анализирует механизмы, способствующие возникновению девиантного поведения у человека и формы реализации данного поведения. Представлены сущностные характеристики, поведенческие проявления и возможные мотивы таких видов кибер-агрессии, как троллинг, кибербуллинг, астротурфинг.

Ключевые слова: виртуальная коммуникация, Интернет, киберпространство, кибер-этика, кибер-угрозы, кибер-агрессия, информация, троллинг, кибербуллинг, астротурфинг

This article is devoted to discussion of current social and psychological problems of virtual communication. The problem of emergence of cyber-aggression at users of social networks is put. The author analyzes the mechanisms promoting emergence of deviant behavior at the person and a form of realization of this behavior. Intrinsic characteristics, behavioural manifestations and possible motives of such types of cyber-aggression as trolling, cyberbullying, an astroturfing are submitted.

Key words: virtual communication, Internet, cyberspace, cyber-ethics, cyber-threats, cyber-aggression, information, trolling, cyberbullying, astroturfing

Стремительное развитие информационно-коммуникативных технологий на сегодняшний день затрагивает все сферы жизнедеятельности человека. Мы можем наблюдать как, различные системы телекоммуникаций трансформируют человеческую деятельность и являются мощным орудием воздействия на формирование нового мировоззрения. Тем самым подтверждается то, что человечество действительно вступило в новую стадию развития, так называемую – информационную эпоху.

Ежедневно человек получает и обрабатывает огромный поток информации, что в последствие, учитывая его ограниченность психофизиологических ресурсов, приводит к «информационной перегрузке».

Поэтому возникающие проблемы при использовании цифровых средств массовой информации многочисленны и достаточно многогранны. Среди наиболее актуальных можно выделить интернет-зависимость, уход от реальности в виртуальное пространство, зависимость от компьютерных и он-лайн-игр, интернет-агрессия, домогательства (педофилия), киберпреследования

(троллинг, кибербуллинг), хакерство, хищение конфиденциальных личных данных и финансовой информации, астротурфинг.

С возрастанием социальной роли виртуального общения информационные угрозы коммуникативного характера представляют собой реальную опасность для пользователей, однако не стоит забывать и о многих преимуществах, получаемых от использования информационно-коммуникативных технологий.

Стоит отметить, что глобальный масштаб и стремительное развитие и распространение современных коммуникаций превращает пользователей в «обитателей» единого киберпространства, где формируется своя нравственная атмосфера, так называемая кибер-этика. Под кибер-этикой мы понимаем правила нравственного поведения в среде Интернета. Сегодня кибер-этика распространяется на коммуникативные (форумы, чаты, блоги и т.п.) и некоммуникативные сервисы (игры-онлайн, покупка или продажа биржевых акций, и т.п.). Коммуникационные риски киберпространства связаны с межличностными отношениями пользователей. Большинство авторов отмечают проблемы, связанные с преступлениями, безопасностью и защищенностью, приватностью и личной свободой, порнографией, домогательствами, хакерством, защитой детей от ущерба, наносимого Интернет-пространством, шантажом, спамом, плагиатом, «фишингом», флеймом и т.д. Недавно появилась новая проблема, связанная с этикой онлайн-исследований, в которых принимают участие люди, так называемая кибер-агрессия.

Регистрируясь в любой социальной сети, индивид вынужден проходить через процедуру персонификации, в том числе и неоднократно в одной социальной сети (при использовании нескольких разных аккаунтов). Персонификация в данном случае заключается в создании собственного личного профиля. Степень достоверности используемой при этом информации может варьироваться. К примеру, индивид может указать о себе правдивую информацию, может выступать инкогнито (под «ником»), либо даже использовать чужие персональные данные при регистрации. Размещение конфиденциальной информации в Интернете позволяет злоумышленникам и мошенникам получить доступ к личным данным (телефон, адрес, пароли к персональным web-страницам и т.п.), а также и к служебной информации. Однако хакеры применяют не только технические средства, но и психологические приемы, путем манипулирования сознанием или шантажа. Например, для взрослых – реальные риски представляют виртуальные знакомства, которые могут подвергнуть особой опасности физическое, эмоциональное и духовное здоровье человека. Дети и подростки чаще всего становятся жертвами кибер-агрессии. Более 72% российских тинэйджеров имеют персональные страницы в Интернет-сетях, примерно до 80% указывают при регистрации свои настоящие инициалы, возраст, номер школы и т.п., а около 30% детей, благодаря настройкам, имеют открытый профиль в сетях, где возможно видеть всю личную информацию пользователя [8]. Детская аудитория недостаточна информирована об опасностях социальной среды Интернет, она более доверчива, наивна и легко поддается манипулятивным уловкам. Использование Интернета детьми школьного возраста ставит технические, юридические, организационные и этические проблемы, которые в значительной степени пересекаются с психологическими проблемами.

Термин «кибер-агрессия» был введен в научный оборот доктором философии Джулией Шиббаро, который подразумевает под собой форму

девиантного поведения в Интернет-среде [6, с. 65-67]. К данному термину можно отнести следующие психологические моменты как оскорбление, унижение, издевательство, разоблачение, агрессивные нападки, манипулирование. Этот социально-психологический феномен имеет множество разновидностей, основными из которых являются троллинг, кибербуллинг (кибермоббинг) и астротурфинг.

Одной из популярных форм социальной агрессии считается троллинг. Этот термин происходит из сленга участников виртуальных сообществ и не имеет прямого отношения к сфере научного дискурса. В переводе с английского *trolling* означает «ловлю рыбы на блесну». В наиболее общем виде этот феномен характеризуется как процесс размещения на виртуальных коммуникативных ресурсах провокационных сообщений с целью нагнетания конфликтной обстановки путём нарушения правил кибер-этики [2, с.48-51]. Таким образом, с помощью различных приемов разжигания конфликта между пользователями сетевых сообществ агрессор способен создать напряжение, негативную обстановку, тем самым получая от процесса моральное удовлетворение.

Согласно мнению первой исследовательницы троллинга Джудит Донат, троллинг – это «игра в подделку личности, но без согласия большинства игроков, не сознающих участия в этой игре» [5, с. 11-12].

По мнению Р. Внебрачных, наиболее успешные тролли способны создать напряжение в целом ряде сообществ, осуществляя столкновение их между собой и используя проекции публичности в СМИ для привлечения внимания широкой общественности [2, с.48-51].

Как социально-психологический феномен, троллинг обладает следующими особенностями:

- всегда содержит компонент манипулятивного поведения со стороны агрессора;
- его цель – получение ответной, зачастую негативной реакции со стороны объекта агрессии, т.е. жертвы;
- способность мгновенно распространяется на большинство участников виртуального сообщества за счет механизмов быстрого высвобождения лавинообразной агрессии;
- как форма агрессивного поведения может проявляться исключительно в виртуальном пространстве, что подразумевает невозможность потенциальной жертвы конфликта вступить в физический или визуальный контакт с инициатором самой конфликтной ситуации (агрессором);

В таком случае, можно отметить, что троллинг оказывает крайне негативное влияние на сетевое пространство Интернет в целом и от воздействий агрессоров-манипуляторов не застрахован ни один из пользователей. Наибольшей опасностью в данной ситуации является несознательный перенос негативных эмоций «жертвы» тролля из виртуального мира, и последующее нарушение межличностной коммуникации в мире реальном.

Следующей социально-психологической проблемой киберпространства выступает феномен – кибербуллинг (кибермоббинг). Под этим термином понимают агрессивные действия, намеренные оскорбления, угрозы, диффамации и сообщение другим компрометирующих данных, как правило, в течение продолжительного периода времени систематически осуществляемые группой или индивидом с помощью современных средств коммуникации и направленные против жертвы, которая не может себя легко защитить.

Если в случае троллинга кибер-агрессия варьируется от скрытых провокаций до откровенных оскорблений, то в случае кибербуллинга агрессия выражается явно антисоциальными, насильственными действиями. Не случайно данное явление привлекает пристальное внимание многих зарубежных и отечественных исследователей в области интернет-агрессии, поскольку обладает наиболее катастрофическими последствиями для безопасности личности.

Согласно классификации Нэнси Виллард выделяют следующие формы кибербуллинга [7, с.1-2]:

Флейминг – Flaming (оскорбление, перепалки). Это эмоциональный обмен репликами происходит в открытом публичном пространстве Интернета, посредством оскорбительных комментариев, вульгарных обращений и замечаний, и может перерасти в затяжной конфликт.

Харассмент – Harassment (нападки, домогательство). Это целенаправленные, систематические кибер-атаки, оскорбительные сообщения от незнакомых людей, пользователей социальных сетей, людей из ближайшего реального социального окружения какой-то конкретной жертве.

Очернение – Denigration (клевета, распространение слухов). Умышленное выставление жертвы в негативном свете посредством публикаций фото или видеоматериалов на страницах соцсетях, форумах, в новостных группах, через электронную почту, например, чтобы разрушить дружеские отношения или отомстить экс-подруге.

Имперсонация – Impersonation (самозванство, использование фиктивного имени). Используя украденный пароль жертвы, намеренно выдавать себя за другого человека, например, для того, чтобы оскорбить учителя. Таким путем рассылается со взломанного аккаунта жертвы негативная, неадекватная информация знакомым и друзьям жертвы.

Публичное разглашение личной информации – Outing and Trickery. Подразумевает распространение личной, конфиденциальной информации, например, интимных фотографий, финансового положения, рода деятельности с целью оскорбить или шантажировать, например, экс-партнера.

Эксклюзия – Exclusion (остракизм, социальная изоляция). Отказ общаться (как на деловом, так и на неформальном уровне), исключение из виртуальной группы или игрового сообщества, удаление из «списка друзей» и так далее. Подобная форма способствует снижению самооценки жертвы и может осознаваться как социальная смерть.

Киберсталкинг – Cyberstalking (продолжительное домогательство и преследование). Систематическое (сексуальное) преследование кого-либо, сопровождающееся угрозами и домогательствами, которое может привести человека к мысли о самоубийстве.

Открытая угроза физической расправы – Cyberthreats. Являются прямыми или косвенными угрозами убийства кого-либо или причинения телесных повреждений.

Хеппислепинг – Heppisleping. Размещение в социальных сетях видеоматериала хулиганского нападения или физического насилия. Направлено на усиление чувства унижения у жертвы преследования.

Киберсуицид – Cybersuicide (согласованные самоубийства). Одно из новейших направлений интернет-угроз, проявившихся в различных странах мира. Молодежь подросткового возраста с помощью виртуального сообщества договаривается о совместном самоубийстве, так называемый флэш-моб

самоубийц. Объяснением подобного поведения является утверждение, что массовый или совместный уход из жизни проще, чем самоубийство в одиночестве.

Следует отметить, что кибербуллинг является самой опасной формой кибер-агрессии, поскольку может нанести не только психический, эмоциональный, но и физический вред пользователям виртуальной среды. Результатом действий агрессора в данном случае может служить широкий диапазон последствий от избегания социальных контактов в реальной жизни до возникновения депрессивных состояний и суицидальных намерений [4, с. 88-95]. В научной литературе все чаще можно встретить термин «буллицид», что означает гибель жертвы буллинга.

Основное количество агрессоров и жертв кибербуллинга или кибермоббинга приходится на возраст 11-16 лет – это так называемый пубертатный период, который характеризуется высокой чувствительностью к любым слухам, оскорблениям и социальным неудачам. Согласно статистическим данным исследования «Дети России онлайн» – 23% активных пользователей Интернет среди молодежи России выступают жертвой онлайн или оффлайн буллинга [8]. По мнению психологов, агрессорами при кибермоббинге являются прежде всего лица, которые ранее сами были подвержены жестоким интернет-атакам и унижениям в реальной жизни. Они, как правило, до конца недооценивают степень своего антисоциального поведения и с учетом возможной анонимности не предполагают какую-либо ответственность за свои поступки и действия.

Опасность таких феноменов как троллинг и кибербуллинг зачастую очень сходны по своему содержанию. Они преследуют одну и ту же цель – получение удовольствия от негативной реакции жертвы.

И еще одним видом социально-психологической кибер-агрессии выступает астротурфинг. Под данным феноменом понимается искусственное формирование общественного мнения или эмуляция общественной поддержки посредством массового комментирования в среде виртуальных коммуникаций с помощью особого программного обеспечения или специально нанятых людей. Эта форма используется для вытеснения мнений реальных пользователей на web-форумах, для организации мнимых кампаний в Интернете, которые создают мнение, что большое количество людей требуют чего-то конкретного, либо являются не сторонниками чего-либо. Астротерферы для достижения своих целей и решения поставленных задач нередко используют троллинг, чтобы дискредитировать неудобные заказчику идеи. Астротурфинг является одним из распространенных способов ведения информационных войн, его цели могут быть протянуты от политических, экономических вплоть до радикальных и общественно опасных.

Все вышеперечисленные формы кибер-агрессии являются социально-психологической проблемой виртуальной коммуникации в информационную эпоху. Их опасность для пользователей Интернет-сетей очевидна. Глобальное вовлечение все большего количества людей, а в частности это подростки, в сетевое пространство, их участие в различных сообществах и онлайн обсуждениях создает благоприятную почву для повсеместного распространения троллинга, кибербуллинга и астротурфинга.

В связи с тем фактом, что виртуальное пространство, постепенно меняет наше восприятие мира, кардинально расширяет пространство и возможности общения, оно в то же время приносит с собой многочисленные проблемы социально-психологического характера.

Учитывая, что зачастую регистрация пользователей и их персонификация носит лишь формальный характер, анонимность и ощущение безнаказанности служат своеобразными триггерами, запускающими механизм антисоциального поведения пользователя в социальной сети. Как уже отмечалось ранее, от нападков кибер-агрессоров чаще всего страдают дети и подростки, в силу своего возраста, наивности и доверчивости, они легко поддаются манипулятивным уловкам и наименее защищены в среде Интернет. Зачастую, такая неспособность противостоять троллингу и кибербуллингу может привести к таким негативным последствиям, как, например, снижение социальной активности в реальной жизни и депрессии.

Список литературы

1. Баранова Ю. К вопросу об информационно-психологической безопасности детей и подростков в сети интернет // *Социальная психология и общество*. 2012. № 4. С. 125-128.
2. Внебрачных Р.А. Троллинг как форма социальной агрессии в виртуальных сообществах // *Вестник Удмуртского университета. Философия. Социология. Психология. Педагогика*. – Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2012. – В. 1. – С. 48-51.
3. Плешаков В. Киберонтология и психология безопасности информационной сферы: аспект киберсоциализации человека в социальных сетях интернет-среды // *Вестник ПСТГУ IV: Педагогика. Психология*. 2010. Вып. 4 (19). С. 131-137.
4. Gable R., Snakenborg J., Van Acker R. Cyberbullying: Prevention and Intervention to Protect Our Children and Youth // *Preventing School Failure*, 55(2), 88–95, 2011.
5. Judith S. Donath. Identity and Deception in the Virtual Community // Peter Kollock and Marc A. Smith eds. *Communities in Cyberspace*. – Routledge, 1999.
6. Chiabbro J.S. School counselors and the cyberbully% interventions and implications. *Professional School Counseling*, 11(1), 2007. Pp. 65-67.
7. Willard N.E. *From Cyberbullying and Cyberthreats: Responding to the Challenge of Online Social Aggression, Threats, and Distress*, 2007, Champaign, IL: Research Press, pp.1-2.
8. Солдатова Г., Зотова Е., *Зона риска: российские и европейские школьники: проблемы онлайн-социализации. Результаты исследования «Дети России онлайн»*. Дети в информационном обществе, URL: <http://detionline.com/assets/files/journal/7/>

УДК 101.1::316:: 159.9: 502/504
ББК 87

**ТЕХНИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННЫЕ СОСТОЯНИЯ СОЗНАНИЯ
В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ БЕЗОПАСНОСТИ**
© *М.А. Антипов, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
© *Б.А. Дорошин, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*

**TECHNICAL INDUCED CONDITIONS OF CONSCIOUSNESS IN HUMAN
ACTIVITIES AND ITS SECURITY PROBLEMS**
© *M.A. Antipov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
© *B.A. Doroshin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В данной статье рассматривается феномен воздействия музыки на психику человека в плане обеспечения безопасности его деятельности в различных сферах жизни. Музыка представляется как хранимая, ретранслируемая и распространяемая посредством современной цифровой техники форма мультимедийного контента и возможный фактор влияния на психику и изменения состояний сознания. Далее рассматривается взаимосвязь музыки и трудовой деятельности. Приводится и обосновывается мнение, что музыка может использоваться и как специфический наркотик, и как инструмент внушения в рекламе. Помимо этого, уделяется внимание возможностям музыки в преодолении негативных психических состояний спортсменов.

Ключевые слова: безопасность деятельности; технические средства хранения и распространения музыки; музыка как мультимедийный контент; измененные состояния сознания; воздействие музыки на психику; музыка и трудовая деятельность; музыка и спортивная деятельность.

This article examines the phenomenon of the influence of music on the human psyche in terms of ensuring the safety of its activities in various spheres of life. Music is presented as a form of multimedia content retransmitted and distributed through modern digital technology and a possible factor of influence on the psyche and changes in states of consciousness. Next, the relationship between music and work is considered. It is given and justified the view that music can be used both as a specific drug and as a tool of suggestion in advertising. In addition, attention is paid to the possibilities of music in overcoming the negative mental states of athletes.

Key words: safety of activity; technical means of storing and distributing music, music as multimedia content; altered states of consciousness; the impact of music on the psyche; music and work; music and sports activities.

В условиях информатизации общества обыденностью все большего числа его представителей является воздействие на него значительных массивов информации, транслируемой различными, преимущественно электронными, медийными средствами и являющихся, соответственно, преимущественно виртуальными и полиморфными – включающими и зачастую совмещающими в одном информационном артефакте текст, изображения, анимацию, аудио- и видеозаписи – т. е. мультимедийными по своей форме. Они стремительно пронизывают все сферы человеческой жизнедеятельности, обуславливая появление новых возможностей и угроз для сознания и определяемого им поведения людей [8, с. 20–21].

Одним из наиболее распространённых элементов мультимедийного контента, к которому есть свободный доступ практически со всех типов современных коммуникационных цифровых устройств, является музыка. Такие традиционные носители музыки, как виниловые пластинки, аудиокатушки, аудиокассеты, компакт-диски, поочередно оттесняя друг друга на задворки

технической истории, в итоге все превратилось в пережиток прошлого, когда появилась возможность скачивать музыку из интернета и прослушивать ее онлайн. Это лишило музыкальную индустрию львиной доли прибылей, поступавших от реализации студийных аудиозаписей на отдельных носителях, но обеспечило массовый и слабо контролируемый доступ к музыкальному контенту по всему миру.

Целью данной статьи является выяснение базового спектра проблем безопасности в трудовой, творческой и спортивно-оздоровительной деятельности людей, которым могут, с одной стороны, противодействовать, а с другой стороны – благоприятствовать технически индуцированные посредством воспроизведения музыкальных композиций состояния сознания.

Примечательно, что существенная часть этих состояний сознания является измененными, которые, согласно классическому определению А. Людвига, представляют собой «качественные отклонения в субъективных переживаниях или психологическом функционировании от определенных генерализованных для данного субъекта норм, рефлекслируемые самим человеком или отмечаемые наблюдателями» [Цит. по: 11]. Измененные состояния сознания (ИСС) могут возникать под воздействием самых не только музыки [11], но и других составляющих мультимедийного информационного потока: виртуальных социальных сетей [14], интерактивных электронных игр [2], информационного перенасыщения [9].

К. Уилбер охарактеризовал такие состояния сознания как пиковые переживания, или повышенный, глубинный, духовный опыт. Данные характеристики в сочетании с возникновением из обычного естественного состояния дают основания полагать их наиболее ценными для высокопродуктивной при минимальных психофизиологических издержках деятельности людей.

Согласно результатам опроса, проведенного среди специалистов, а также менеджеров среднего и высшего звена в социальной сети для установления деловых связей и расширения профессиональных контактов LinkedIn, 71 % участников заявили, что ощущают положительное воздействие музыки на их продуктивность и производительность труда. Однако, вопрос воздействия музыки на работоспособность спорный: одним она мешает сосредоточиться, а другим нужна в качестве звукового фона [5, с. 151].

О воздействии музыки на человека писали издавна многие философы, принадлежащие разным эпохам. Так, Пифагор считал, что музыка может оказывать как разрушительное (он предостерегал своих учеников от прослушивания флейты и цимбалы), так и целебное (отдавал предпочтение струнным инструментам) воздействие на психику человека. Он сам лечил многие болезни специально составленными им композициями [16]. Немецкий философ-иррационалист Артур Шопенгауэр утверждал, что музыка «...сильно влияет на душу человека...» [15, с. 184]. Фридрих Ницше придавал значение народной песне, утверждая, что она «имеет для нас значение музыкального зеркала мира, первоначальной мелодии...» [10, с. 167].

Сила музыки заключается в том, что ее влияние обусловлено психоэмоциональным состоянием человека. Она способна положительно воздействовать и сделать человека счастливее, если будет гармонировать с этим состоянием. В противном случае влияние музыки на человека может оказаться негативным.

Что касается стилей и направлений музыки то здесь не все так просто. С одной стороны человек должен слушать ту музыку, которая ему по душе, с другой стороны исследования ученых говорят о том, что различные

направления музыки способны воздействовать на физическое и эмоциональное состояние человека по-разному.

Блюз, джаз и регги могут вывести вас из депрессивного состояния; музыка в стиле поп кому-то может поднять настроение, а кому-то испортить; мышечное и нервное напряжение снимет мелодичный рок, а тяжелый рок наоборот введет в ступор [5, с. 152].

И это не случайно. В.В. Козлов отнес т. н. «музыкальный грохот» – рок, психоделическую дискотечную музыку, рейв, техно – к новым гиперстимуляционным методам достижения измененных состояний сознания [9].

Медики не рекомендуют долго слушать группы, играющие в стиле рэп, хард-рок и хеви-метал. Об этом говорят исследования, проведенные недавно мельбурнскими учеными. Хард-рок часто является причиной несознательной агрессии, рэп также пробуждает отрицательные эмоции, а хеви-метал и вовсе может стать причиной психических расстройств [5, с. 152].

Ученые приписывают классическим произведениям просто чудодейственный эффект. Проведя ряд экспериментов, учёные доказали, что больные, которые слушали музыку, выздоравливали в два раза быстрее, чем те, кто классику не слушал. Профилактика сезонных заболеваний работников – безопасность труда. Прослушивание классики помогает легкому запоминанию информации. Принято считать, что музыка Моцарта способствует быстрому усваиванию информации и влияет на умственную работоспособность. Если не знаете что делать с плохой памятью, вам должно помочь периодическое прослушивание произведений входящих в цикл «Времена года» Вивальди [5, с. 152].

С другой стороны, некоторый рост популярности классической музыки в связи с ее использованием для оздоровления и развития умственных способностей несет в качестве своей оборотной стороны опасность ее утилитаризации, девальвации и секуляризации ее наиболее глубокого эмоционального и духовно-нравственного уровня, а как следствие – атрофию механизмов его восприятия у предрасположенной к таковой части слушателей. Американский психолог Р. Арнхейм еще в 1960 г. отметил в своем дневнике «симптомы быстрого упадка восприятия». Он наблюдал их на вечерах у его друга, где при исполнении хорошей камерной музыки – Бартока, Бетховена, Гайдна половина собравшихся быстро отвлекались, поднимались за книгами и журналами, которые читали в оставшееся время, что «делало концерт похожим на приемную зубного врача», и соответствовало выражению его приятеля – «музыка как обои» [1, с. 23–24]. Подобная «легкость» восприятия музыки еще более распространена у современной молодежи, две трети которой используют ее как средство расслабиться, отвлечься от проблем и повысить настроение, тогда как более чем для трети представителей старшей возрастной категории молодых людей она служит всего лишь фоном. Это является аспектом специфики типичного для современности досуга в целом, заключающегося преимущественно в отдыхе и развлечении, а не в творческом и духовном развитии. Досуг, в т. ч. и музыкальный, все более превращается в своеобразную восстановительно-рекреационную фазу процесса общественного производства, что является проявлением неуклонно реализующейся опасности низведения человека до положения «одномерного» (по определению Г. Маркузе) функционального компонента технотронной экономической системы, утратившего способность экзистенциальной деятельности по самопознанию и самосозиданию. В свете этого можно переосмыслить точку зрения В. В. Набокова, усмотревшего

в музыке негативный аспект, заключающийся в том, что при ее восприятии рядовым слушателем она воздействует на него как более примитивный и животный по сравнению с литературой и живописью вид искусства, успокаивающий, убаюкивающий, отупляющий [4, с. 259, 263–264]. В случаях такого ее воздействия она может оцениваться как своеобразный звуковой наркотик, искажающий сознание человека и тем самым предопределяющий опасность его решений и действий прerreжде всего для него же самого. Как пример можно привести использование т. н. «функциональной музыки» в торговле, когда поддавшись ее специально подобранному быстрому ритму, посетители супермаркетов в спешке набивают свои корзины, зачастую делая необдуманные и ненужные покупки [6, с. 220].

Другая опасность «легкого», «фонового» использования музыки (особенно, если сама по себе она не слишком «легкая», а достаточно сложная по форме и насыщенная по содержанию) в деятельности людей состоит в том, что заложенные в ней паттерны, не будучи должным образом «переваренными» в психоэмоциональной сфере слушателя непосредственно в процессе или сразу после восприятия, могут, «загнанные» в бессознательное, а тем более – накопленные в нем, проявиться через какое-то время в сознании и действиях людей самым непредсказуемым, а вероятно, и деструктивным образом.

Глубинное воздействие музыки представляется возможным интерпретировать с точки зрения подхода, выработанного А. В. Волошиновым на основе идей русских космистов, Н. Ф. Федорова, К. Э. Циолковского, В. И. Вернадского, П. А. Флоренского — о космической природе человеческого сознания, в свете которого данный автор усмотрел определенные параллели между произведениями абстрактного искусства и скрытыми структурами микро- и макромира [7, с. 131–132]. Поскольку музыка в чистом виде, рассматриваемая вне своих форм, в рамках которых она синтезирована с художественным словом, является наиболее абстрактным искусством, и в то же время оказывает наиболее явственно фиксируемое энергетическое воздействие на расположенные в сфере ее звучания феномены универсума, можно предполагать, что она не только отражает те или иные, в значительной мере – неявные структуры мироздания, но и ретранслирует и проецирует их на то, что подвергается ее воздействию. Это, в свою очередь, побуждает задуматься о магическом аспекте музыки, столь широко разработанном в различных традиционных культурах и производных от них доктринах.

С точки зрения переосмысливающих традиционные спиритуалистические представления неомистических воззрений, примыкающих своим онаученным крылом к ряду доктрин, ориентированных новой общенаучной парадигмой, негативные явления в бытии тех или иных естественных и сотворенных людьми объектов, а также индивидуальных и коллективных субъектов могут быть обусловлены воздействием, а особенно – перманентной и постоянной локализацией, и тем более – высокой концентрацией в их внутреннем и периферийном бытийном пространстве деструктивных энергоинформационных сущностей, а также другими нарушениями на уровне энергоинформационного поля [3, с. 260–277]. В данном контексте представляется возможной целесообразность использования в целях обеспечения безопасности сооружений и помещений, где осуществляется та или иная деятельность людей, а также непосредственно их самих этнической музыки, считающейся очищающей пространство

от негативного воздействия, нормализующей жизненные потоки, открывающей энергетические центры и насыщающей биополе человека энергией [5, с. 152].

Культурная и национальная принадлежность человека тоже является фактором восприятия той или иной мелодии. Скажем для европейца звучание восточных мотивов не всегда приятно, а длительное воздействие подобной музыки является не просто раздражителем, а может привести к серьезным психическим расстройствам. Это же касается и азиатов, влияние западной музыки на психику человека с востока вряд ли окажется полезным. Поэтому-то ученые и рекомендуют людям слушать композиции своих народностей [5, с. 152]. В русской народной музыке проявляются не только элементы языческих обрядовых верований и образа жизни наших предков, но и особенности мировосприятия, менталитета. Можно предположить, что ее тональность и мелодика соответствует национальным особенностям психики, что обеспечивает ее благотворное воздействие на ментальное состояние представителя русской национальности.

В 2005 году, ученые из Великобритании выяснили, что спортсменам во время тренировок прослушивание музыки помогает увеличить результативность на двадцать процентов. Получается что влияние музыки на психику человека подобно допингу, применяемому некоторыми спортсменами. Вот только в отличие от запрещенных веществ музыка не нанесет вред здоровью и не проявится в антидопинговых тестах [5, с. 151].

Музыка может служить эффективным средством психологической предстартовой подготовки спортсменов, позволяя обезопасить их от таких неблагоприятных психических состояний, как стартовая лихорадка и стартовая апатия, и способствует состоянию боевой готовности [13, с. 91 – 92].

Используя отдельные выразительные средства музыки в соответствии с особенностями их влияния, можно целенаправленно подбирая музыкальные произведения, наряду с гармонизацией эмоционального и физиологического состояния спортсменов перед стартом, добиться оптимизации ритмо-темповой структуры предстоящих упражнений [13, с. 93]. Темпо-ритмовые характеристики музыки имеют значение и при подборе музыкального сопровождения к занятиям фитнесом [12, с. 70].

Список литературы

1. Арнхейм Р. *В параболах солнечного света. Заметки об искусстве, психологии и прочем / пер. и предисл. В. П. Шестакова.* – СПб.: Алетейя, 2012. – 104 с.
2. Буриков А.А., Нестеренко К.С. *Исследование психо- и нейрофизиологических изменений функционального состояния студента-геймера во время компьютерной игры // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/249PVN515.pdf>*
3. Волков С. Н. *Феномен мистицизма: истоки происхождения и современное состояние в России. Дисс. ... Д. филос. наук. Саранск, 2004.* – 317 с.
4. Воробьев Ю.Л., Милорадова И. Н. *Влияние музыки на формирование личности в эпоху Интернет // Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки.* – 2011. – № 1. – С. 257–265.
5. Гиматдинова Э.Р., Каюмова Д. Ф. [Рец.:] Х. Брадерс. *Влияние музыки на человека. Оксфорд Вьюжн Пресс. 231 с. Н. Brothers. Influence of music on a human being. Oxford Vewsion Press. p.231. // Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств.* – 2016. – № 2. – С. 151–153.

6. Иванова Е.Г. Возможность использования музыки в PR // Царскосельские чтения. – 2010. – № XIV. – С. 217–220.
7. Карапетян А.Р. Постмодернизм: сближение науки искусства // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2013 – Серия 15. Искусствоведение. Вып. 3. – С. 130–135.
8. Ковалева С.Е. Медиаобраз экрана в постсовременном пространстве: социально-философский анализ: дисс. ... канд. филос. наук. – Саранск, 2013 – 157 с.
9. Козлов В.В. Психотехнологии измененных состояний сознания. – М.: Издательство Института психотерапии, 2005. Klex.ru. Книжный архив. URL: <http://www.klex.ru/18r> (дата обращения: 25.10.2017 г.).
10. Ницше Ф. Рождение трагедии из духа музыки // Ницше Ф. Стихотворения и философская проза – СПб.: «Художественная литература», 1993. 672 с.
11. Пустошкин Е. Состояния сознания. Измененные состояния сознания. Академический портал. URL: <https://altstates.wordpress.com/states-of-consciousness/> (дата обращения: 22.10.2017 г.).
12. Сайкина Е.Г. Смирнова Ю.В. Требования к подбору музыкального сопровождения занятий фитнесом // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2008. – № 4 (38). – С. 68–71.
13. Тюlicheва А.Ю., Семёнов Н.И. Использование музыки в предстартовой подготовке лыжников-гонщиков // Ученые записки. – №12(34). – 2007. С. 91 – 94.
14. Шалимов А.Б. Экзистенциальные состояния в социальных медиа // Вестник Томского государственного университета. Серия: философия, социология, политология. – 2012. – № 2 (18). С. 106 – 114.
15. Шопенгауэр А. Мир как воля и представление // А.Шопенгауэр. Собр. соч. в пяти томах, т.I М.: «Московский Клуб», 1992. Интернет-ресурс. Режим доступа: <http://psylib.ukrweb.net/books/shope01/txt15.htm>
16. Холл Мэнли Палмер Энциклопедическое изложение масонской, герметической, каббалистической и розенкрейцеровской символической философии – М.: Эксмо, Мидгард, 2007. – 213 с.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ СИГНАЛОВ, ОБНАРУЖЕНИЕ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ

УДК 681.3.067

**ТЕХНОЛОГИИ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦА В ЗАДАЧАХ
АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ**
© *С.Н. Борисова, Пензенская государственная технологическая университет*
(г. Пенза, Россия)

**TECHNOLOGIES OF FACE RECOGNITION IN TASKS
OF AUTHENTICATION OF USERS OF MOBILE DEVICES**
© *S.N. Borisova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена исследованию методов биометрической аутентификации пользователей мобильных устройств. Выделены методы аутентификации по голосу, лицу, отпечатку пальца и радужной оболочке глаза. В качестве одного из биометрических признаков выбрано изображение лица пользователя. Рассмотрены методы аутентификации по изображению лица пользователя. Признаки образа лица разделяются на две группы: локальные признаки и глобальные признаки. При использовании локальных признаков анализируются отдельные части лица (такие как глаза, нос, рот и др.). Глобальные признаки анализируются лицом в целом.

Ключевые слова: аутентификация, биометрия, биометрические характеристики лица, отпечаток пальца, радужная оболочка глаза, локальные признаки изображения, глобальные признаки изображения

The article is devoted to methods for biometric authentication of mobile device users. Selected methods of authentication by voice, face, fingerprint and iris of the eye. As one of the biometric characteristics of the selected face image of the user. Reviewed authentication methods on the user's face. Signs of the face are divided into two groups: local characteristics and global characteristics. When using local characteristics analyzed parts of the face (such as eyes, nose, mouth, etc.). Global signs analyze the face as a whole.

Key words: authentication, biometry biometric characteristics of the face, fingerprint, iris of the eye, local signs of the image, global signs of the image

E-mail: snl_simona@mail.ru

Биометрические характеристики уникальны для каждого человека и при грамотном использовании их очень сложно подделать. На сегодняшний день наиболее широко используются такие биометрические характеристики как отпечатки пальцев, радужная оболочка глаза, голос, изображение лица. В статье [1] представлены сравнительные оценки некоторых биометрических параметров по следующим критериям: универсальность, уникальность (индивидуальность), постоянство (стабильность) и собираемость (удобство снятия параметров). Обобщенная диаграмма этих оценок представлена на рисунке 1.

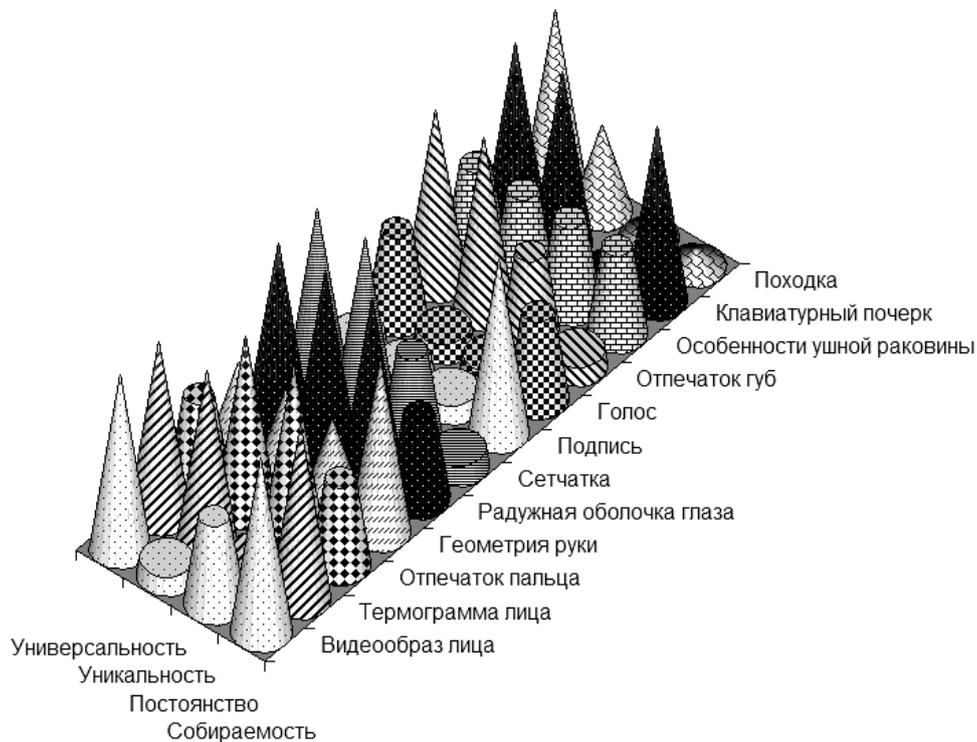


Рисунок 1 – Оценка качественных свойств биометрических параметров

Таким образом, как следует из рисунка 1, ни один из биометрических параметров не обеспечивает высоких показателей сразу по всем критериям. Выбор конкретного параметра должен определяться условиями применения биометрических систем аутентификации: назначением, степенью защиты от несанкционированного доступа к системе, степенью ответственности при принятии решений, степенью защиты от взлома системы. В данной работе исследуются биометрические характеристики, подходящие для использования в смартфонах.

Согласно обзору компании Acuity Market Intelligence [2] рынок смартфонов с использованием биометрических технологий показывает уверенный рост. Цена данных устройств снизилась за последние годы почти в четыре раза. По данным обзора [2] на конец 2016 года на рынке было представлено 120 моделей биометрических смартфонов ценой менее 150 долларов. 97% таких моделей используют мобильную платформу Android, 45% - Apple.

При подтверждении личности пользователя мобильного устройства наиболее подходящими биометрическими характеристиками являются голос и лицо, так как эти параметры выигрывают по критерию собираемости (в каждом смартфоне есть микрофон и камера, сбор данных параметров не вызывает неудобство у пользователя). Также в смартфонах в качестве биометрических параметров применяется отпечаток пальца, однако использование биометрического сенсора повышает стоимость устройства. Некоторые модели смартфонов используют радужную оболочку глаза в качестве измеряемого биометрического признака. Таким образом, в качестве подходящих биометрических параметров для аутентификации пользователей мобильных устройств можно выделить следующие: голос, лицо, отпечаток пальца, радужную оболочку глаза.

Кроме представленных на рисунке 1 сравнительных характеристик биометрические системы оцениваются двумя основными ошибками: ошибкой первого рода (False Reject Rate, FRR) и ошибкой второго рода (False Accept Rate, FAR). FRR - вероятность отказа легальному пользователю, FAR – вероятность пропуска мошенника. В табл. 1 представлены сравнительные характеристики ошибок первого и второго рода для четырех описанных биометрических признаков [3].

Таблица 1 – Ошибки биометрических систем

Биометрический признак	Тест	Условия тестирования	FRR	FAR
Отпечатки пальцев	FVC 2006	неоднородная популяция, включая работников ручного труда и пожилых людей	2,2%	2,2%
Лицо	МВЕ 2010	полицейская база фотографий	4,0%	0,1%
Голос (ООО «ЦРТ»)	NIST 2012	текстонезависимое распознавание	3%	1%
Радужная оболочка глаз	ICE 2006	контролируемое освещение, широкий диапазон качества	1,1%	0,1%

Следует отметить, что хотя биометрические системы аутентификации по голосу и лицу, согласно таблице 1, обладают худшими FAR и FRR, чем остальные, рабочие характеристики этих систем зависят от используемой математической модели при формировании биометрического образа пользователя (эталона) и выбора метода сравнения с полученным эталоном.

Распознавание лица считается более приемлемым для общества, чем большинство других методов биометрической аутентификации. Под распознаванием лица понимаются этапы, заключающиеся в извлечении признаков лица и сравнение с предварительно созданным эталоном. Признаки лица можно разделить на две группы: локальные признаки и глобальные признаки. При использовании локальных признаков анализируются отдельные части лица (такие как глаза, нос, рот и др.). Глобальные признаки анализируют лицом в целом. Методами, использующие локальные признаки, являются: фильтры Габора, метод сравнения эластичных графов, контурные модели лица, моменты, метод наиболее информативных областей, скрытые марковские модели, методы, основанные на геометрических характеристиках лица, методы, основанные на сравнении эталонов, нейронные сети. К методам, использующим глобальные признаки, относятся: дискриминантные методы, фильтры Габора, моменты, нейронные сети.

Рассмотрим некоторые из данных методик:

- *Внешний вид лица* [4]. Основная идея этого подхода — уменьшить разрешение изображения лица с нескольких тысяч пикселей до небольшого числа, чтобы оставить наиболее яркие черты, нечувствительные к шуму, появляющемуся, например, из-за изменений света (рисунок 2). Так, изображение лица преобразуется в пространство, перекрытое основными функциями изображения, также как преобразование Фурье представляет образ в базисных изображениях собственной частоты. В таком упрощенном виде основные функции, известные как «собственные лица», являются собственными векторами ковариантной матрицы набора учебных образов

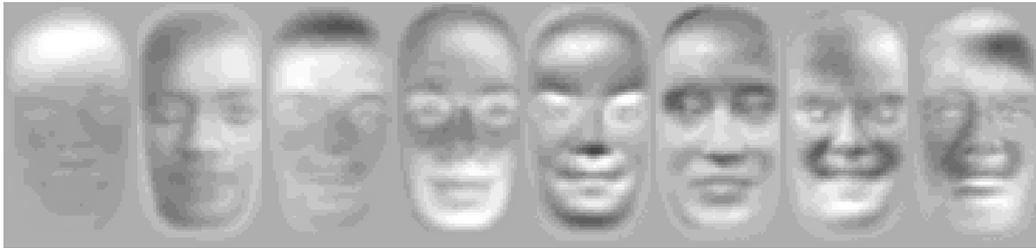


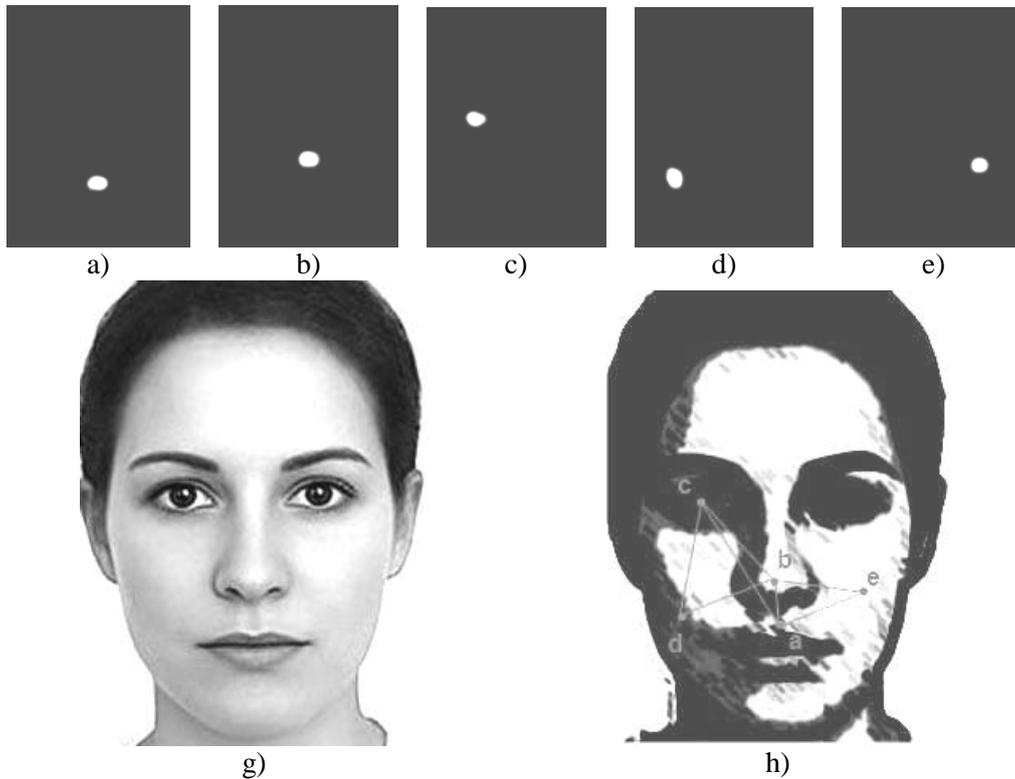
Рисунок 2 – Изображение лица разделено на части как сумма взвешенных собственных лиц

▪ *Геометрия лица.* Основной идеей этого подхода является моделирование человеческого лица в единицах определенных черт, таких, как глаза, рот и т. д., а также изучение геометрии этих черт [5]. Рисунок 3 демонстрирует методику распознавания лица на базе черт. Секции а - е на рисунке 3 показывают процесс определения локальных черт. Автоматически определенные геометрические свойства отмечены на соответствующих позициях на изображении лица снизу (рисунок 3, h). Такие черты, как нос и щеки объекта, определены, их геометрические соотношения используются для распознавания лица.

▪ *Эластичный граф лица.* В этом методе (*Elastic Bunch Graph Matching-ElGraph*) лицо представляется в виде графа, вершины которого расположены на ключевых точках лица, таких как контуры головы, губ, носы и их крайних точках (рисунок 4). Каждая грань помечена расстояниями между её вершинами. В каждой такой точке вычисляются коэффициенты габоровых функций для пяти различных частот и восьми ориентаций. Набор таких коэффициентов $\{J_i\}$ называется *джетом*. Они характеризуют локальные области изображений и служат для нахождения точек соответствия в заданной области на двух различных изображениях, а также для сравнения двух соответствующих областей различных изображений. Каждый коэффициент для точек из одной области различных изображений, определяемый как $J_i = a_j \exp(i \varphi_j)$, характеризуется амплитудой a_j , которая медленно меняется с изменением положения точки и фазой φ_j , которая вращается со скоростью, пропорциональной частоте волнового вектора базисного вейвлета. Поэтому в простейшем случае для поиска на новом изображении точки с аналогичными характеристиками в функции подобия фазу не учитывают:

$$S_a(J, J') = \frac{\sum_j a_j a'_j}{\sqrt{\sum_j a_j^2 \sum_j a'_j^2}}$$

Данная функция подобия позволяет получить быструю и надёжную сходимость при поиске с применением простейших методов, таких как диффузия или градиентный спуск. Для того, чтобы для одного и того же лица представить различные вариации его изображения в одном и том же графе, для каждой точки используются несколько джетов, каждый из которых может соответствовать различным локальным характеристикам данной точки, например открытому и закрытому глазу. Процесс распознавания неизвестного лица состоит в сравнении графа изображения лица со всеми остальными графами из набора при помощи функции подобия.



*Рисунок 3 – Распознавание лица на основе черт:
а — е — определение локальных черт и их локализация.
г) исходное лицо;
h) локальные черты и их геометрические соотношения*



Рисунок 4 – Эластичный граф лица

▪ *Метод сравнения эталонов (Template Matching) [6] заключается в выделении областей лица на изображении, и последующем сравнении этих областей для двух различных изображений. Каждая совпавшая область увеличивает меру сходства изображений. Это так же один из исторически первых*

методов распознавания человека по изображению лица. Для сравнения областей используются простейшие алгоритмы, вроде попиксельного сравнения.

▪ Гибкие контурные модели лица. В данных методах распознавание производится на основе сравнения контуров лица. Контуры обычно извлекаются для линий головы, ушей, губ, носа, бровей и глаз (рисунок 5). Контуры представлены ключевыми позициями, между которыми положение точек, принадлежащих контуру вычисляются интерполированием. Для локализации контуров в различных методах используется как априорная информация, так и информация полученная в результате анализа тренировочного набора.

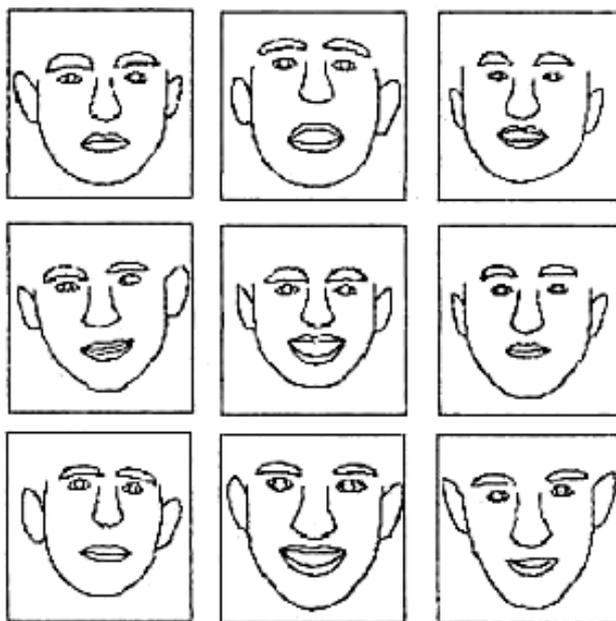


Рисунок 5 – Эластичные модели лица

Кроме того, в настоящее время развиваются такие технологии распознавания лиц, как термограммы лица и трехмерное изображение лица, хотя для использования в мобильных устройствах они не подходят.

На сегодняшний день технологии распознавания лица все еще не являются достаточно точными. Все трудности, с которыми приходится сталкиваться при распознавании лиц, можно разбить на 4 категории:

- *физические проявления* — быстрое изменение выражения лица, например мигание, речевая, эмоциональная и коммуникативная мимика, возрастные изменения, макияж и т.п.
- *геометрия съятия образцов* – неправильный угол наклона, поворот головы.
- *условия съятия параметра* – влияние освещения при съемке, характеристики камеры (автоматическую балансировку белого цвета, регулицию усиления и снижения шума).
- *артефакты сжатия* – довольно сильное ухудшение качества изображения при сжатии и декомпрессии изображения (для передачи или/и сохранения). Артефакты сжатия могут оказать значительное влияние на точность

работы алгоритмов распознавания лиц при использовании архивных баз фотоизображений и видеоматериалов.

Ни одна из существующих технологий распознавания лиц не может решить эти проблемы в полной мере. Заметный прогресс в области технологий распознавания лица можно связать с коммерциализацией этой области в сфере мобильных технологий или использованием распознавания лиц на государственном и межгосударственном уровнях.

Список литературы

1. Борисова С.Н. Использование биометрических параметров личности для аутентификации пользователей ПЭВМ. Научно-методический журнал «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Серия: Технические науки. Информационные технологии». – Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. акад., – 2011. – № 03 (03). – С.54 – 60.
2. Рынок биометрических смартфонов: быстрый и уверенный рост. [Электронный ресурс]. URL: http://www.biometrics.ru/news/rinok_biometricheskih_smartfonov_bistrii_i_uverennii_rost/ (дата обращения 10.10.2017).
3. Биометрическая система на мобильном телефоне. [Электронный ресурс]. URL: <https://habrahabr.ru/post/236209/> (дата обращения 10.10.2017).
4. Кухарев Г.А. Биометрические системы: методы и средства идентификации личности человека. – СПб.: Политехника, 2001.-240 с.
5. Болл Р., Коннел Дж. Руководство по биометрии. – М.: Техносфера, 2007 г.
6. Распознавание человека по изображению лица и нейросетевые методы // Д. Брилюк, В. Старовойтов/ <http://daily.sec.ru>.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

УДК 629.735.33
ББК 22

ИМИТАЦИЯ ТАКТИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРАХ

- © *Ю.Г. Квятковский, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *А.П. Ремонтов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *В.С. Юранов, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

THE SIMULATED TACTICAL SITUATION IN THE AVIATION SIMULATORS

- © *Y.G. Kvyatkovsky, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
© *A.P. Remontov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
© *V.S. Yuranov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена проблемам обучения на современных авиационных тренажерах навыкам деятельности экипажа летательного аппарата в условиях воздушной обстановки, складывающейся при противодействии сторон. Формирование необходимых умений и навыков достигается использованием имитатора тактической обстановки, позволяющего моделировать условия внешней среды в процессе обучения.

Ключевые слова: Тренажер, имитатор тактической обстановки, летчик, модель.

The article is devoted to learning modern aviation simulators in the skills of the crew of the aircraft in terms of air situation prevailing in the opposition parties. The formation of the necessary skills is achieved through the use of simulator tactical situation, allowing to simulate the conditions of the external environment in the learning process.

Key words: Simulator. simulator tactical situation, pilot, model.

Подход к процессу обучения как процессу управления обусловлен, во-первых, особенностями замкнутой системы «обучаемый-тренажер-инструктор» [1], во-вторых, необходимостью обучения нескольких территориально разнесенных операторов выполнению общей задачи.

Таким образом, при разработке авиационных тренажеров возникает необходимость воспроизводить в тренажере, с одной стороны, работу практически всего комплекса авиационных систем и оборудования, а с другой - формировать подыгрыш боевых ситуаций, складывающихся в ходе противоборства сторон, т. е. моделировать условия внешней среды. Моделирование условий внешней среды должно быть в объеме, необходимом для функционирования бортовых систем моделируемого летательного аппарата, т.е. с учетом тактико-технических характеристик этих систем по измерению и отображению информации о внешней среде [2]. При этом должны учитываться существующие ограничения по технической реализации в тренажерах при отработке боевых задач.

Следовательно, объектами исследования при моделировании тактического фона в авиационных тренажерах при отработке боевых задач являются источники информации о внешней среде и методы воспроизведения этой информации в тренажере с учетом функционирования каждой бортовой системы, ее тактико-технических характеристик и принципов построения имитаторов этих систем. Этими источниками информации являются наземная и воздушная обстановки, состояние и динамика которых воспринимается измерителями бортовых систем летательного аппарата и представляется экипажу на систему отображения информации (СОИ) в объеме и форме, соответствующим тактико-техническим характеристикам этих систем.

Информацию о наземной и воздушной обстановке в зависимости от способа ее представления экипажу можно разделить на инструментальную, отображаемую на индикаторах СОИ, и не инструментальную - о внекабинном пространстве.

В соответствии с составом бортового оборудования инструментальная информация о внешней среде может быть представлена в различном виде. Воспроизведение каждого из видов этой информации зависит от назначения летательного аппарата и решаемых им задач. Всестороннее рассмотрение тактики применения моделируемого летательного аппарата, тактико-технических характеристик бортовых систем и порядка их функционирования при решении различных боевых задач позволяет предъявить требования к объему и содержанию моделей тактического фона и динамики его функционирования с учетом противодействия сторон.

Методы моделирования, объем и содержание моделей зависят от масштаба ситуаций противоборства, которые необходимо воспроизвести в тренажере, а также от количества учитываемых средств противоборствующих сторон и типов этих средств.

Исследования при моделировании тактического фона в авиационных тренажерах при отработке боевых задач следует вести в направлениях исследования методов имитации в авиационных тренажерах тактической обстановки для обучения летных экипажей ведению боевых действий в условиях противостояния, анализа задач авиации при преодолении противовоздушной обороны и отражении налета средств воздушного нападения противника.

В настоящее время на тренажерах моделируются сложные навигационные комплексы и вычислительные системы самолетовождения (ВСС), которые используют наземную информацию о радиомаяках, о рельефе местности, о наземных объектах, о естественных объектах [3].

Для моделирования работы навигационных комплексов и систем необходимо иметь достоверную и точную информацию о наземной аэронавигационной обстановке – аэронавигационную базу данных, которая представляет собой совокупность данных, организованных по определенным правилам в определенных форматах на машинном носителе (дискете, диске и т.п.) для имитируемого оборудования тренажера.

С этой целью создана автоматизированная система подготовки аэронавигационной базы данных тренажера “Глобус”, которая используется на тренажерах семейства самолетов Ту, Ил, Су т.д. Предлагаемая модель имитатора тактической обстановки (ИТО) позволяет одновременно моделировать необходимое количество воздушных объектов различных типов и обеспечивает формирование различных вариантов тактической обстановки для ведения

одиночных и групповых действий экипажей разных типов самолетов в зависимости от поставленной перед летчиком задачи.

Структура имитатора тактической обстановки приведена на рисунке 1.

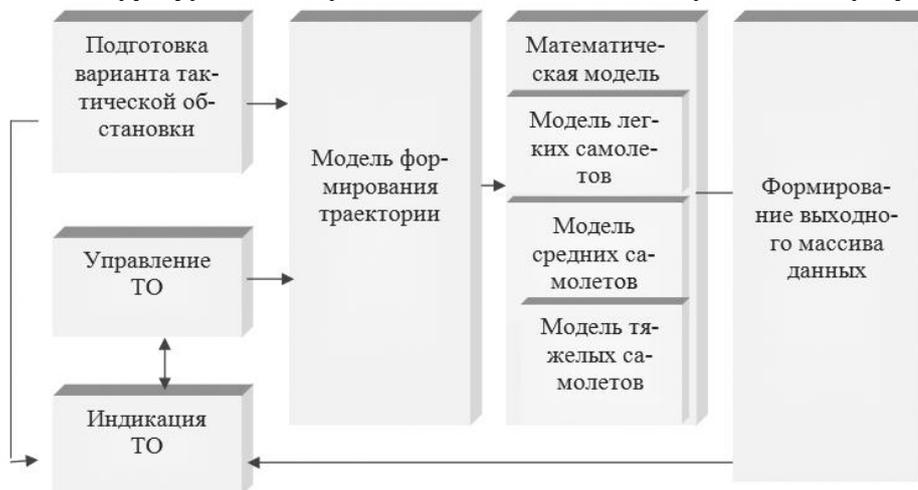


Рисунок 1 – Структура построения ИТО

Модель подготовки варианта тактической обстановки обеспечивает создание сценария для отработки конкретных задач при тренировке летных экипажей. Размещение объектов в районе боевых действий осуществляется на этапе предполетной подготовки с пульта инструктора. Обеспечивается запоминание и долговременное хранение различных вариантов тактической обстановки с целью дальнейшего их использования, т.е. создается библиотека сценариев.

Модель формирования траектории [4] определяет закон движения воздушных объектов, обеспечивает выполнение маневров по курсу, скорости, высоте, вырабатывает управляющие сигналы для модели полета.

Реализовано 4 типа траектории движения воздушных объектов:

- атакующий – объект движется с заданной скоростью, курсом на летательный аппарат, на высоте самолета;
- управляемый – объект движется с заданной скоростью, заданным курсом, на заданной высоте, причем курс, скорость и высота могут быть изменены во время движения с пульта инструктора;
- уклоняющийся от «погони» – объект движется в заданную точку назначения (объект удара) с заданной скоростью, на заданной высоте, при этом курс решается так, чтобы не приближаться к ЛА ближе, чем на заданное расстояние;
- программно-управляемый – команды на изменение курса, скорости и высоты выдаются во время движения автоматически, исходя из условий, складывающихся при противоборстве сторон по заранее заданной программе.

В зависимости от поставленной инструктором задачи полет программно-управляемых объектов может осуществляться по единому или разным маршрутам, задаваемым координатами промежуточных пунктов маршрута (ППМ). Объект сходит с программной (заданной) траектории при выполнении условий для начала предписанного маневра. Типы маневров, которые объект может выполнять в процессе полета, задает инструктор при подготовке упражнения или оперативно во время полета. Имитируются змейка, вираж, маневр

по курсу (отворот), маневр по скорости, маневр по высоте, противорадиолокационный маневр, противоракетный маневр, помеховое противодействие.

Модель полета обеспечивает движение воздушных объектов с использованием упрощенных моделей летательных аппаратов трех типов (легкий, средний, тяжелый) с различными инерционно-массовыми характеристиками. Для построения математической модели [3] движения объекта ИТО и оптимальной модели выполнения летчиком поставленной задачи используются следующие уравнения (1), описывающие относительное движение в горизонтальной плоскости объекта ИТО в траекторной системе координат эргатической системы (ЛА):

$$\begin{aligned} \Delta\Psi &= \Psi_{\text{ЛА}} - \Psi_{\text{ИТО}}, \quad \frac{dV_1}{dt} = gn_{1x}, \quad \frac{d\Psi_{\text{ИТО}}}{dt} = -\frac{g}{V_2} n_{2z}, \quad \frac{dV_2}{dt} = gn_{2x}, \quad \frac{d\Psi_{\text{ЛА}}}{dt} = -\frac{g}{V_1} n_{1z}, \\ \frac{dV_{\text{р}}}{dt} &= g(n_{2x} \cos \Delta\Psi - n_{2z} \sin \Delta\Psi) + \frac{g}{V_1} (-V_1 n_{1x} + n_{1z} z + \frac{g}{V_1} n_{1z}^2 x + 2n_{1z} V_{\text{р}}) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \Delta\Psi &= \Psi_{\text{ЛА}} - \Psi_{\text{ИТО}}, \quad \frac{dV_1}{dt} = gn_{1x}, \quad \frac{d\Psi_{\text{ИТО}}}{dt} = -\frac{g}{V_2} n_{2z}, \quad \frac{dV_2}{dt} = gn_{2x}, \quad \frac{d\Psi_{\text{ЛА}}}{dt} = -\frac{g}{V_1} n_{1z}, \\ \frac{dV_{\text{р}}}{dt} &= g(n_{2x} \cos \Delta\Psi - n_{2z} \sin \Delta\Psi) + \frac{g}{V_1} (-V_1 n_{1x} + n_{1z} z + \frac{g}{V_1} n_{1z}^2 x + 2n_{1z} V_{\text{р}}) \\ \frac{dx}{dt} &= V_{\text{р}}, \quad \frac{dz}{dt} = V_{\text{р}}; \end{aligned}$$

где индекс 1 соответствует ЛА, 2 – объекту ИТО.

Уравнения (1) образуют модель относительного движения объекта ИТО и ЛА в горизонтальной плоскости. Вектор состояния модели содержит компоненты: $V_{\text{рх}}, V_{\text{рз}}, x, z, \Psi_{\text{ЛА}}, \Psi_{\text{ИТО}}, V_1, V_2$.

Входными воздействиями в модели являются перегрузки, $n_{1x}, n_{1z}, n_{2x}, n_{2z}$. Рассматриваемая модель позволяет легко вводить и учитывать ограничения по величинам перегрузок ЛА и объектов моделирования ИТО, создаваемых в процессе выполнения маневров.

Модель управления обеспечивает оперативное изменение параметров движения объектов во время полета по командам инструктора в двух режимах:

- автоматическое управление – путем задания с клавиатуры или датчиков параметров заданных значений курса, скорости, высоты;
- управление с помощью джойстика.

Модель формирования выходного массива обеспечивает пользователей информацией о тактической обстановке. Потребителями информации ИТО являются имитаторы бортовых систем тренажера и система визуализации.

Модель индикации позволяет инструктору видеть на экране монитора имитируемую тактическую обстановку в нескольких масштабах отображения, вызвать формуляр любого объекта.

Источником информации для аэронавигационной базы данных является информация в форматах спецификаций *ARINC*.

Спецификация *ARINC* не является спецификацией базы данных. Это стандарт подготовки и передачи данных для создания баз данных бортовых навигационных систем. В соответствии с этим стандартом организованы таблицы аэронавигационной базы данных тренажера.

Автоматизированная система подготовки создает из полученной информации Глобальный Банк Данных (ГБД) тренажера. В процессе эксплуатации тренажера в ГБД можно добавлять информацию, полученную от любых централизованных источников в форматах спецификаций *ARINC*.

При тренировках на тренажере часто не требуется использование всего объема данных, накопленных в ГБД, поэтому возможен режим отбора данных по территории района полета и создание Базы Данных Района Полета (БДРП), данные которой непосредственно используются имитаторами систем тренажера в процессе эксплуатации тренажера.

Автоматизированная система подготовки реализована на базе ЭВМ типа IBM PC, функционирует под управлением ОС *Windows*, использует современные программные технологии, имеет простой и дружелюбный интерфейс.

Автоматизированная система подготовки функционирует в следующих режимах работы:

1. Формирование ГБД.

В этом режиме выполняется ввод данных из файлов в формате спецификаций *ARINC*, полученных из централизованных источников, с машинного носителя (диск, дискета) или с электронных бланков, содержащих параметры по секциям *ARINC*. Во время ввода производится проверка на корректность и достоверность вводимой информации.

Далее обеспечивается запись данных в структуры ГБД, который имеет свой формат хранения данных и свою внутреннюю структуру, основанные на спецификации *ARINC*. Привязка информации в различных форматах осуществляется по географическому принципу.

ГБД формируется на жестком диске в определенном каталоге.

На рисунке 2 показан процесс формирования ГБД с внешнего источника информации.

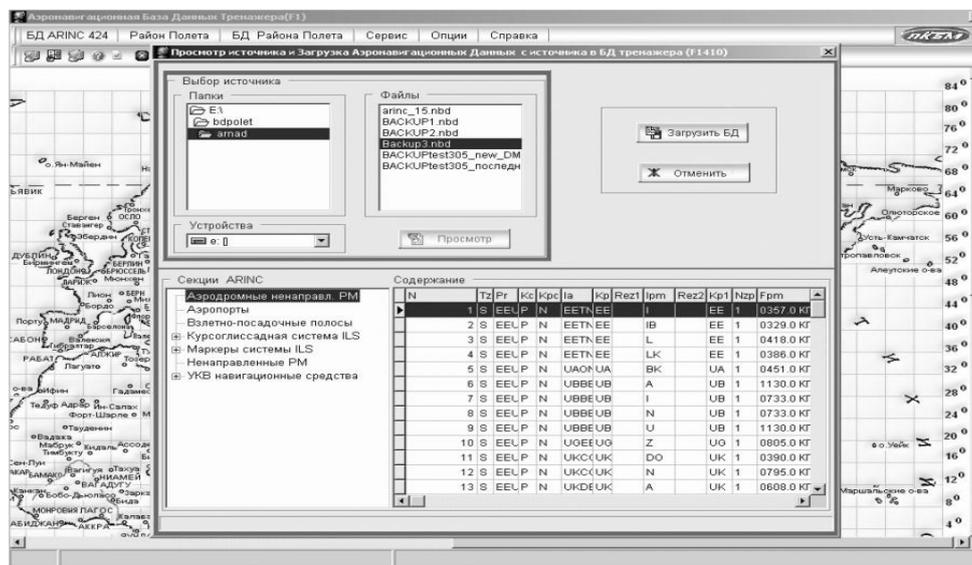


Рисунок 2 – Загрузка информации в ГБД тренажера

Пользователь может производить поиск, корректировку, удаление, вставку и просмотр информации. Информация в ГБД может догружаться

с внешних источников (диск, дискета). Объем ГБД ограничивается только объемом свободного пространства на жестком диске.

ГБД тренажера является источником данных для создания аэронавигационной базы данных районов полета.

2. Формирование аэронавигационной базы данных района полета.

Выбор нового района полета можно осуществлять 2 способами:

– с помощью карты, выбирая прямоугольник изменяемой площади указателем мыши;

– с помощью задания координат района полета.

После окончания выбора района полета, система подготовки регистрирует район полета, формирует имя района полета (пользователь может изменить имя района полета), дату создания, фрагмент карты района полета (рисунок 3).

Автоматически из данных ГДБ отбираются данные, относящиеся к району полета, и создается база данных района полета на жестком диске.

Имя района полета является именем каталога базы данных района полета. База данных имеет такой же формат хранения данных и внутреннюю структуру, что и ГБД, а также содержит данные в форматах, необходимых для работы с имитаторами систем тренажера.

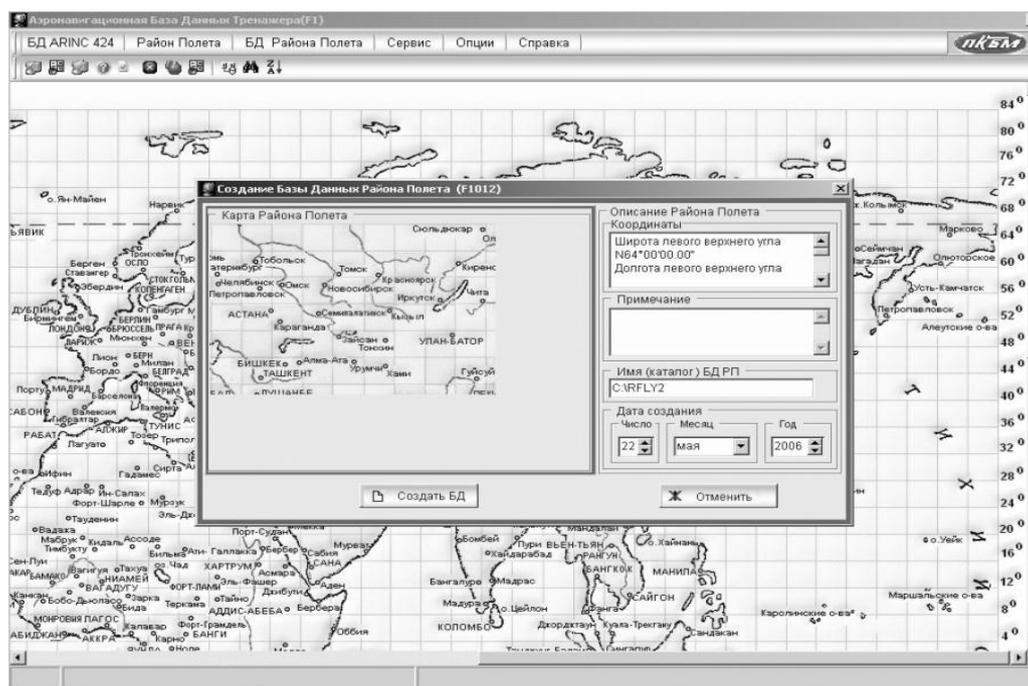


Рисунок 3 – Формирование БД района полета

Можно создать любое количество районов полета. Система имеет средства для просмотра информации аэронавигационной базы данных районов полета. Предусмотрены режим копирования баз данных района полета на другие носители (диски, дискеты) и режим удаления этих баз данных.

Для удобства работы пользователя система обладает справочной системой. Потребителями информации аэронавигационной базы данных районов

полета являются имитаторы навигационно-посадочного оборудования тренажера, рабочее место инструктора. Автоматизированная система подготовки аэронавигационных данных “Глобус” позволяет быстро и без потери целостности информации организовать процесс подготовки аэронавигационной базы данных для всех видов тренажеров. Тренировка экипажей с использованием реальной аэронавигационной информации способствует повышению эффективности подготовки летного состава.

В качестве основного вывода исследования следует отметить, что предложенные методические подходы к моделированию тактического фона в авиационных тренажерах просты при их технической реализации и могут использоваться в тренажерных системах разнообразных имеющихся и перспективных летательных аппаратов.

Список литературы

1. Бростилов А. Н., Годунов А.И., Квятковский Ю.Г., Пустыльников В.С. Тренажеры ПКБМ и некоторые проблемные вопросы авиатренажеростроения. // *Современные тренажерно-обучающие системы и комплексы: Сб.статей.* – Киев. 2005.
2. Бростилов А. Н., Годунов А.И., Квятковский Ю.Г. Методика ранжирования информации в авиационных тренажерах. *Материалы международного симпозиума “Надежность и качество”.* Пенза. 2010.
3. Бростилов А. Н., Кваша М.М., Якимов В.Н. Имитация наземной радиоэлектронной обстановки в авиационных тренажерах. *Труды международного симпозиума «Надежность и качество».* Пенза. ПГУ, 2006.
4. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. *Прикладные задачи теории оптимального управления движением беспилотных летательных аппаратов.* М.: Машиностроение, 1978. – 328 с.

СТРУКТУРЫ, МЕТОДЫ И УСТРОЙСТВА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 681.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ «БЛОКЧЕЙН» И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

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

RESEARCH OF SECURITY OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND OPPORTUNITIES OF ITS APPLICATION

© *S.N. Borisova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Статья посвящена исследованию надежности и защищенности технологии блокчейн. Технология блокчейн описывает процесс формирования цепочки блоков транзакций. На основе данной технологии функционируют криптовалюты. Надежность технологии блокчейн обусловлена использованием асимметричной криптографии и последовательных хешированием. Также в статье рассматриваются перспективы технологии блокчейн и возможные области ее применения.

Ключевые слова: блокчейн, криптовалюта, криптография, электронная подпись, майнинг, хеш-функция.

Article is devoted to a research of reliability and security of technology a blockchain. The technology a blockchain describes process of formation of a chain of blocks of transactions. On the basis of this technology cryptocurrencies function. Reliability of technology a blockchain is caused by use of asymmetric cryptography and hashing. Also in article prospects of technology a blockchain and the possible fields of its application are considered.

Key words: blockchain, cryptocurrency, cryptography, digital signature, mining, hash

E-mail: snl_simona@mail.ru

Блокчейн (англ. «*цепочка блоков*») – это распределенная, четко структурированная база данных, представляющая собой связный список блоков, содержащих некую информацию, и построенный по определенным правилам. Так как технология блокчейн впервые была реализована в криптовалюте «Биткойн», под блоком обычно подразумевают блок транзакций, хотя блоком может являться информационный пакет, содержащий в себе любую информацию: аудит событий аутентификации, записи в медицинской карте, финансовые переводы, нотариальные записи, записи о выполненном ТО автомобилей, то есть, любую информацию, которую можно представить в цифровом виде и для которой важна хронология. В один блок может быть объединено несколько транзакций. Транзакция считается выполненной при включении ее в блок. Перед включением в блок транзакция должна быть удостоверена с помощью электронной подписи. Структура одного блока изображена на рисунке 1.

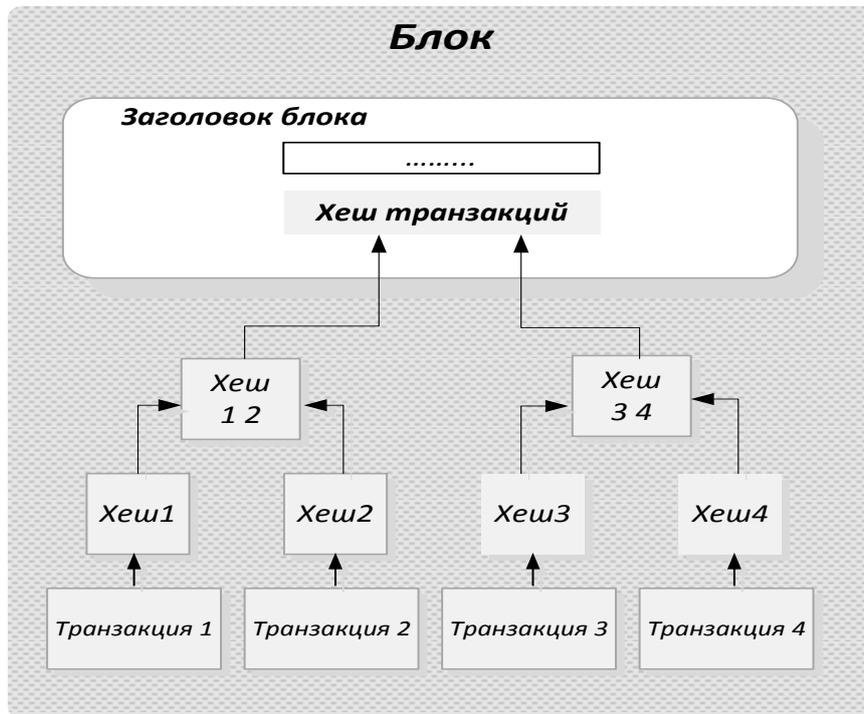


Рисунок 1 – Структура блока

Все блоки цепочки связываются между собой путем включения в каждый блок информации о предыдущем блоке для защиты блоков от подмены. Такой информацией является значение хеш-кода (хеша)¹ предыдущего блока (рисунок 2). Сам блок содержит заголовок и список транзакций. Заголовок блока содержит хеш-код предыдущего блока, хеш-код самого блока, а также дополнительную служебную информацию. Для транзакций в блоке используется древовидное хеширование² (рисунок 1). В работе Сатоши Никомото [1], создателя технологии блокчейн, предлагается всегда указывать получение комиссии в качестве первой транзакции в блоке, которая станет наградой создателю блока.

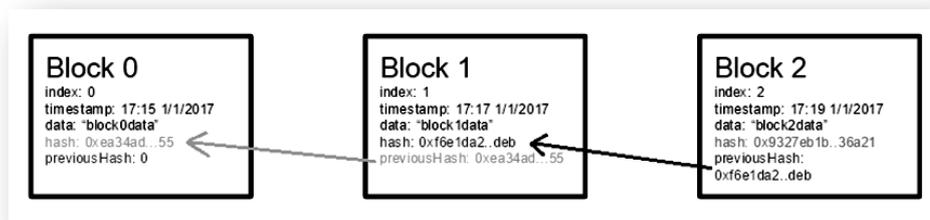


Рисунок 2 – Цепочка блоков

¹ Последовательность определенной длины формируемая из последовательности произвольной длины по определенному алгоритму

² Древовидное хеширование или дерево Меркла – тип хеш-функции. Используется для того, чтобы проверять целостность данных (файлов), получить уникальный идентификатор файла, а также дает возможность восстановить файл.

За создание блоков отвечают специальные люди, называемые майнерами (рисунок 3). Как было сказано выше, они получают вознаграждение за создание блоков. Новый блок принимается лишь в том случае, когда значение хеш-кода заголовка блока не превышает определённого числа, значение которого периодически корректируется в связи с ростом количества майнеров в сети. Это определенное число называется сложностью. Получить заданное значение хеш-кода можно только пересчетом (иногда неоднократно), так как результат хеширования необратим. При пересчете используется поле Nonce (рисунок 3). Подделать хеш-код блока нельзя. Таким образом, работа майнера заключается в получении хеш-кода блока. Этот процесс называется доказательством работы майнера, доказательством того, что он затратил на вычисление определенные вычислительные мощности. Если майнер получает удовлетворяющие требованиям блоки, они рассылаются остальным участникам, формирующим блоки для проверки. Если ошибок нет, то блок считается добавленным в цепочку и следующий блок должен включить в себя его хеш. Таким образом, у каждого участника сети есть свой экземпляр цепочки блоков транзакций.

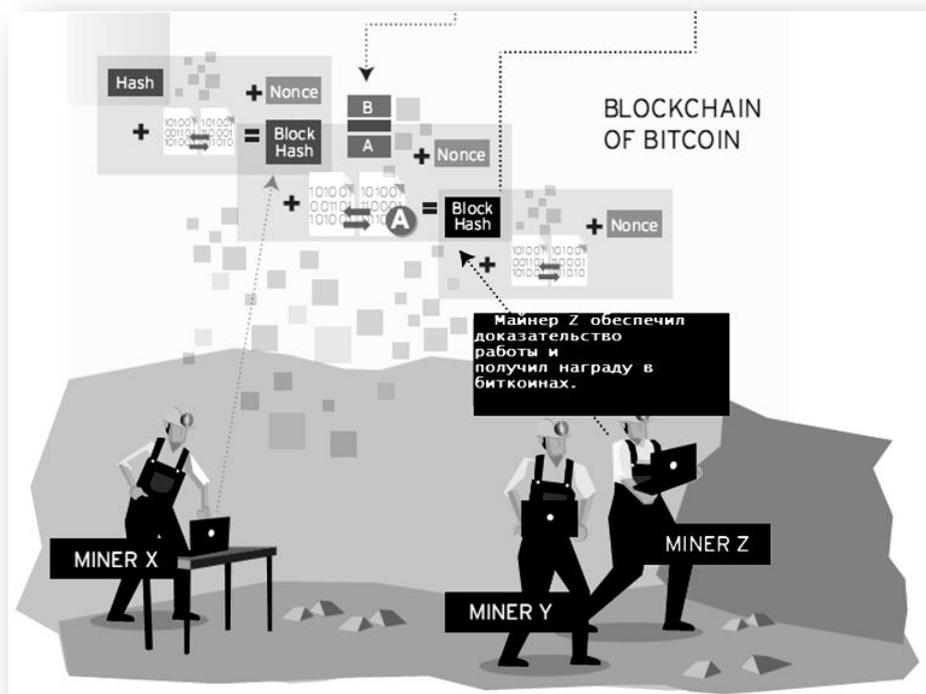


Рисунок 3 – Майнеры за работой

В системе Bitcoin величина целевого числа, с которым сравнивается хеш, корректируется через каждые 2016 блоков. Вся сеть системы Bitcoin на генерацию одного блока должна тратить примерно 10 минут, примерно две недели на 2016 блоков. Если 2016 блоков сформированы быстрее, то сложность увеличивается, иначе – уменьшается. Тем самым поддерживается постоянное время генерации блоков (10 минут) несмотря на увеличение количество

участников сети и повышение вычислительных мощностей. Изменение сложности вычислений не влияет на надёжность сети.

В случае, если несколько майнеров сделали один и тот же блок предыдущим, цепочка блоков разветвляется (рисунок 4). По условиям алгоритма одновременно не могут существовать несколько цепочек блоков, остается только самая длинная, остальные отсекаются. Транзакции, вошедшие в отсеченные цепочки вновь встают в очередь на подтверждение.

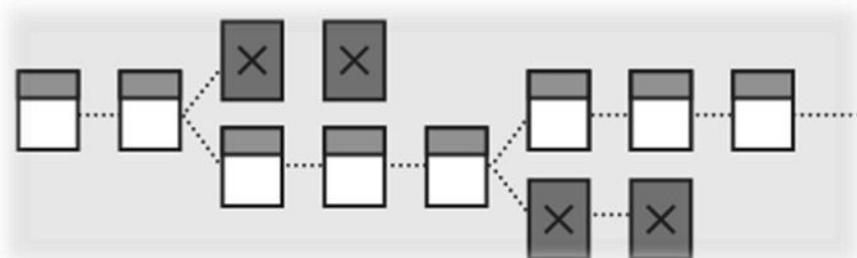


Рисунок 4 – Отсечение блоков

Все блоки, выстроенные в одну цепочку, содержат информацию обо всех операциях, когда-либо совершённых в базе. Вся цепочка - это распределенная реплицированная между множеством участников база данных, работающая без централизованного управления. Децентрализованные сети называются пиринговыми сетями (P2P), где все участники сети равноправны (рисунок 5).

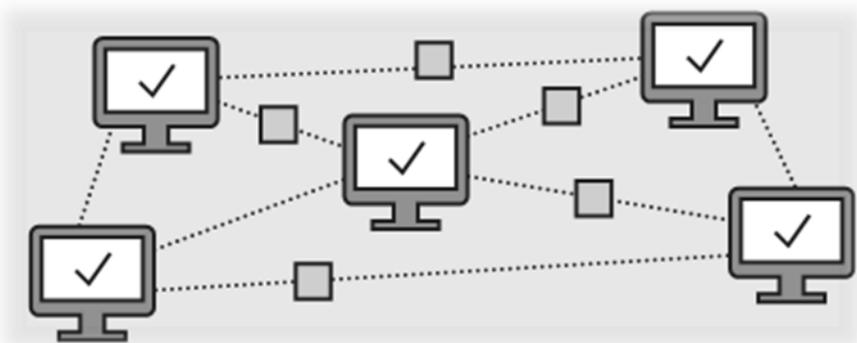


Рисунок 5 – Пример децентрализованной сети

Отсутствие централизации - важный элемент защищенности технологии блокчейн. Сведения о транзакциях хранятся на разных компьютерах пользователей, которым доступна одна и та же информация в любое время. Даже если некоторые компьютеры сети не будут работать, информация все равно будет доступна, пока работает хотя бы один компьютер.

Таким образом, можно выделить следующие методы, обеспечивающие защищенность технологии блокчейн:

- 1) для подтверждения самой транзакции, включаемой в блок, используется электронная подпись на основе асимметричных криптоалгоритмов;
- 2) надежность содержимого блока удостоверяется криптографической хеш-функцией. Майнеры вычисляют хеш-код формируемого блока транзакций,

который затем проверяют все участники сети, поэтому подмена информации на этапе формирования блока невозможна;

3) основная цель хеширования – это увеличения сложности поиска правильного блока. Данная процедура является гарантией того, что в одиночку никто, даже с любым существующим набором ресурсов, не сможет взять под контроль всю систему;

4) использование распределенной реплицированной базы данных транзакций и децентрализованной сети обеспечивает доступность информации в любое время;

5) подменить уже сформированный блок цепочки также невозможно, так как новая информация записывается в конец цепочки поверх уже проверенной и частично основывается на ней (каждый последующий блок содержит хеш-код предыдущего блока). При изменении информации в одном блоке путем взлома, придется менять информации во всей цепочке, что в реальности неосуществимо.

Рассмотрим криптографические составляющие, обеспечивающие надежность технологии блокчейн.

Это, во-первых, криптографические хеш-функции. Хеш-функцией в общем смысле называют функцию, преобразующую последовательность произвольной длины в последовательность фиксированной длины. Одним из основных свойств хеш-функции является ее односторонность, т.е. хеш-функцию от какой-либо последовательности вычислить можно, а восстановить ее обратно по хеш-функции нельзя. В системе Bitcoin при вычислении хеша транзакций и всего блока используется криптографическая функция SHA-256, схема которой представлена на рисунке 6 [2]. Она позволяет получить 256-битный хеш-код от последовательности любой длины за 64 раунда однотипных операций (рисунок 6).

Исходная последовательность разбивается на блоки по 512 бит, которые в свою очередь представляется четырехбайтовыми словами от А до Н (А:Н).

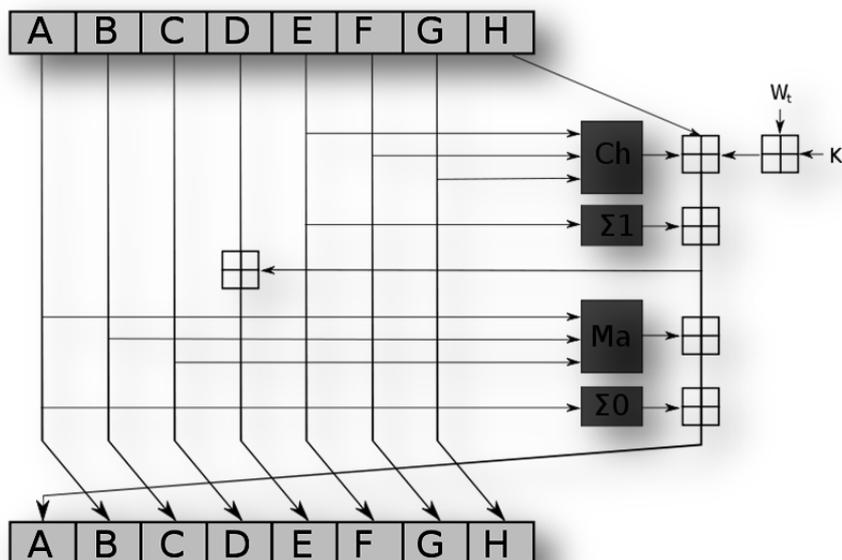


Рисунок 6 – Раунд алгоритма SHA-256

Основными операциями SHA-256 являются нелинейные операции перемешивания битов исходной последовательности А:Н:

1) Операция Ма обрабатывает побитно слова А, В и С. Для каждой битовой позиции возвращается 0, когда большинство входных битов позиции — нули, иначе возвращается единица.

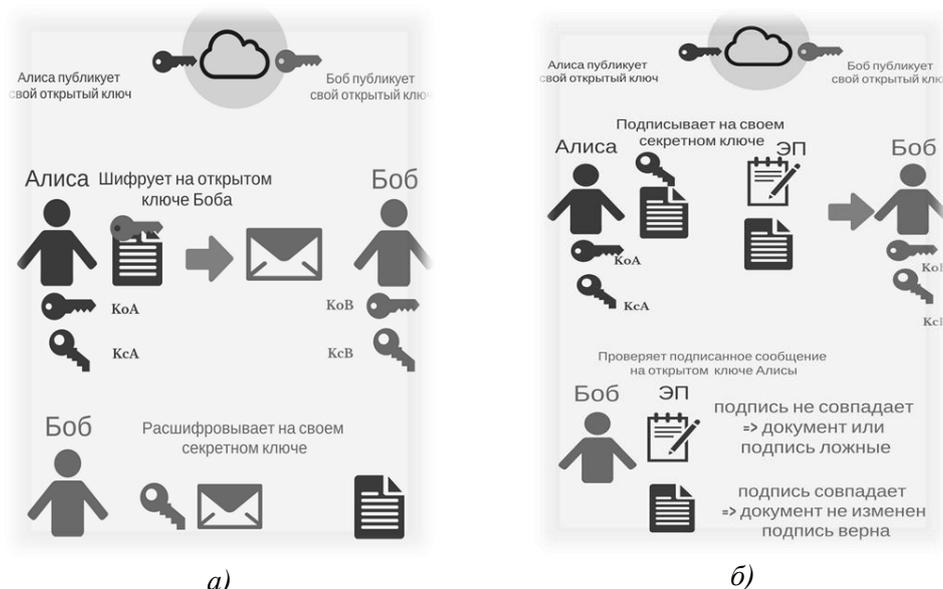
2) Операция $\Sigma 0$ является циклическим сдвигом слова А сначала на 2 бита, затем на 13 бит, и на 22 бита. Получившиеся версии слова А складываются с помощью операции XOR.

3) Операция Ch – это функция выбора бита из слов F и G в зависимости от значения бита E: если E=1, на выходе идёт бит из F, иначе бит из G.

4) Операция $\Sigma 1$ аналогична операции $\Sigma 0$, но на вход ее подается слово E, а сдвиг осуществляется на 6, 11 и 25 бит.

5) Операция \oplus является 32-битным сложением, используемым для формирования новых значений входных слов А и E. W_t – параметр, формируемый на основе входных данных, K_t является ключом раунда.

Во-вторых, как уже было сказано выше, для подтверждения транзакции используются асимметричные криптосистемы (рисунок 7,а). Суть подобных криптосистем, в отличие от симметричных, состоит в том, что двум общающимся по сети абонентам нет необходимости использовать один секретный ключ при шифровании информации, хранить его в тайне, обмениваться им по защищенному каналу. Для работы подобных криптосистем каждый абонент должен сгенерировать пару взаимосвязанных однонаправленной функции ключей (открытый и секретный ключи). Открытые ключи публикуются, секретные остаются у абонента и никуда не передаются. Схема шифрования сообщения описана на рисунке 7, а.



а) б)
Рисунок 7 – Схема асимметричной криптосистемы:
а) шифрование; б) электронная подпись

Так как секретный ключ знает только его владелец, секретный ключ можно использовать для формирования электронной подписи сообщения. Сообщение подписывается на секретном ключе владельца сообщения (рисунок 7,б), а его правильность может быть удостоверена любым абонентом сети на основе открытого ключа владельца сообщения.

Можно сказать, что надежность технологии блокчейн неоспорима, однако она имеет свои ограничения: небольшой объем сопроводительной информации в записи о транзакции, необходимость в масштабировании инфраструктуры при проведении майнинга, низкое быстродействие, которое недостаточно для использования в корпоративных приложениях и системах, запрет на использование в некоторых странах. Поэтому для повсеместного внедрения потребуются значительные меры по ее доработки и регулированию процедур использования.

Технологическая основа блокчейн показала свою работоспособность главным образом только на криптовалюте. Однако, можно выделить различные области применения технологии и предполагаемый положительный эффект:

- a) *Финансовый сектор.* Безопасность и прозрачность платежей.
- b) *Средства массовой информации.* Защита авторских прав мультимедиа в цифровом формате.
- c) *Электронное голосование.* Прозрачность голосования.
- d) *Здравоохранение.* Ведение медицинских карт пациентов.
- e) *Образование.* Хранение сертификатов, дипломов в единой распределенной базе.
- f) *Смарт-контракты.*
- g) *Управление идентификацией.*
- h) **Государственный сектор.** Технология распределенной бухгалтерской книги позволит улучшить процедуру выдачи паспорта, сбора налогов, регистрации земельных участков и прочей деятельности, гарантирует целостность всей управленческой документации.

По мнению аналитика Роберта Боруджерди из Goldman Sachs, «Блокчейн может жить в любых системах, где есть элемент доверия» [3].

Список литературы

1. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*//Электронный ресурс. Режим доступа: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Дата обращения (10.09.2017).
2. *Майним Bitcoin с помощью бумаги и ручки.*// Электронный ресурс. Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/258181/>. (Дата обращения 10.09.2017).
3. *Сирануш Сароян. Блокчейн внезапно нужен всем*//Журнал РБК. – 2016. – №1.

УДК 004.9, 332.14, 352
ББК 22

**КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СТРОИТЕЛЬСТВА SMARTCITIES:
СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО И РОССИЙСКОГО ОПЫТА¹**

© *Л.А. Видясова, Университет ИТМО (г. Санкт-Петербург, Россия)*

© *П.А. Качурина, Университет ИТМО (г. Санкт-Петербург, Россия)*

**CRITERIA FOR ASSESSING SMART CITIES DEVELOPMENT:
A SYSTEMATIZATION OF INTERNATIONAL AND RUSSIAN EXPERIENCE**

© *L.A. Vidiasova, ITMO University (St.Petersburg, Russia)*

© *P.A. Kachurina, ITMO University (St.Petersburg, Russia)*

Статья посвящена проблематике развития «умных городов» в России и за рубежом. Авторы на основе анализа зарубежных и отечественных источников делают обобщения относительно критериев, по которым можно оценивать успешность реализации smartcity. Систематизация имеющихся параметров и индикаторов оценки «умных» городов может помочь выявить ту стадию, на которой в данный момент находятся города, совершающие переход от индустриальных к «умным».

Ключевые слова: умный город, критерии оценки, ИКТ, инновации

The article is devoted to the problems of smart cities development in Russia and abroad. Based on the analysis of foreign and domestic research and cases of practice, the authors made conclusions on the criteria could be used for measuring the success in smart city implementation. The systematization of the existing parameters and indicators for assessing smart cities can help to identify the stage at which the cities currently make the transition from industrial to "smart" ones.

Key words: smart city, assessment criteria, ICT, innovations

E-mail: bershadskaya.lyudmila@gmail.com, ylpolina@yandex.ru

Последние десятилетия характеризуются значительными изменениями в области градостроительства и управления городскими инфраструктурами. Развитие информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) позволяет современным городам улучшить качество жизни своих жителей за счет использования концепции «умного» города.

Данная концепция предполагает широкое применение инфокоммуникационных технологий в различных сферах городской жизни с целью стимулирования экономического роста, улучшения качества жизни, а также грамотного использования ресурсов. «Умный» подход повышает инвестиционную привлекательность города и поддерживает развитие инновационных технологий. Немаловажным является и то, что он снижает степень неблагоприятного воздействия на окружающую среду, позволяя городу стать более экологичным.

С каждым годом в мире становится все больше городов, где в той или иной области задействован «умный» подход. В США, Европе, Азии и Латинской Америке их становится все больше. Россия также стремится к «интеллектуализации» свои городов.

Умные города представляют собой сложные социотехнические системы, которые строятся на потоках все увеличивающегося объема данных, поступающих с многочисленных датчиков, благодаря технологиям Интернета Вещей, их обработке и анализу. Существуют достаточно много работ, посвященных

¹ Работа выполнена в рамках проекта № 417007 «Исследование факторов, влияющих на развитие «умных городов» и их эффективность».

изучению и разработке технологических компонентов smart city и их внедрению в различных сферах: транспортная инфраструктура и ЖКХ [1], здравоохранение [2], образование [3], экономическое планирование [4], электронные государственные услуги и открытое правительство [5], электронный бизнес [6], социальная и культурная сфера [7], безопасность и защита [8].

В данной статье мы опишем основные критерии оценки строительства «умных» городов (SmartCity). Полагаем, обобщение имеющихся параметров и индикаторов оценки «умных» городов может помочь выявить ту стадию, на которой в данный момент находятся города, совершающие переход от индустриальных к «умным».

Считаем, что важнейшим критерием оценки строительства SmartCity является применение инновационных высокотехнологичных решений в следующих ключевых сферах городской жизни:

- управление инфраструктурой;
- энергетика;
- строительство;
- здравоохранение;
- экология;
- безопасность;
- социальная сфера.

Сфера управления городской инфраструктурой постоянно нуждается в инновационных решениях. Как правило, особенно остро ощущаются проблемы в сферах ЖКХ и транспорта. Применение «умного» подхода помогло решить ряд проблем этих сфер многим мировым мегаполисам. В этой связи особенно интересен опыт Сингапура в решении транспортного вопроса. Правительство города инвестирует в модернизацию транспортной сферы значительное количество средств. В городе работает онлайн-система, позволяющая автомобилистам без труда найти свободное место на парковке, экономя при этом время [9].

«Умный» подход также применяется и для повышения энергоэффективности. Управление энергопотреблением не только экономически выгодно, но и экологически грамотно. Примером того, как технологии работают в этой области являются так называемые «умные» дома, в основе которых энергосберегающие и энергоэффективные решения. Использование подобного опыта в сфере градостроительства значительно повышает энергоэффективность в зданиях. Энергосберегающие решения особенно актуальны для тех стран, которые находятся в энергетической зависимости от топливных поставок. Например, Германия потратила более миллиарда евро на реконструкцию домов с целью понизить уровень потребления энергии в них [10].

Широкое применение получили инновации в сфере городского строительства. Например, при строительстве зданий применяются экологичные материалы, что позволяет уменьшить уровень агрессивного воздействия на окружающую среду. Весьма интересным на наш взгляд является созданный в MIT (Massachusetts Institute of Technology) инструмент городского планирования – Urban Network Analysis [11], цель которого – помочь дизайнерам, архитекторам, проектировщикам в строительстве умных городов.

Сфера здравоохранения также претерпевает изменения в процессе «умной» перестройки. Цифровая трансформация здравоохранения стала одним из приоритетных направлений в данной отрасли по всему миру. Например,

в Англии постепенно переходят на интегрированные электронные медицинские карты (integrated digital care records — IDCR) [12]. Предположительно, полный переход на IDCR поможет сэкономить миллиарды фунтов в год, а также позволит медицинскому персоналу более эффективно использовать информацию.

По оценкам ООН, в 2016 году более половины жителей земли проживали в городах [13]. Постоянный рост численности населения в крупных городах по всему миру заставляет задуматься о том, как снизить оказываемое на них экологическое давление. Применение инновационных технологий способствует улучшению экологической обстановки, повышая качество воздуха и воды, что делает городскую территорию более комфортной для жизни. Стремление мегаполисов к «зеленому» будущему, осуществляемое с помощью технологичных решений, улучшает окружающую среду и повышает качество жизни горожан. В австралийском Сиднее ведется постоянный мониторинг состояния городской атмосферы. Установленные в городе датчики помогают собрать данные, на основе которых определяется качество воздуха [14].

Сфера безопасности также становится более «интеллектуальной». Учитывая то количество угроз, с которыми сталкивается современный мир, необходимость в новых и более эффективных решениях ясна. На сегодняшний день в данной области широко применяются самые разные решения: от СМС-оповещений горожан о возможных неблагоприятных погодных условиях до системы видеонаблюдения, установленной в городе. Положительный опыт в сфере безопасности есть у России: МЧС при поддержке операторов сотовой связи информирует горожан о возможных неблагоприятных погодных условиях и других чрезвычайных ситуациях [15].

Важным фактором успеха в применении «умного» подхода является активность и инициативность самих горожан. Именно она позволяет осуществлять смарт-трансформацию. В свою очередь, чтобы привлечь горожан к реализации «умной» концепции городскими властями должна быть разработана эффективная социальная политика. Главным инструментом которой, будет являться единое информационное пространство, содержащее актуальную информацию. Это то, что поможет городским властям понять нужды своего населения и выбрать наиболее эффективные решения возникающих проблем.

Проведение различных мероприятий является еще одним способом повысить уровень информированности горожан. Примером того, как власти города и их социальная политика способствуют смарт-трансформации, является Нью-Йорк. Мэр города Билл де Блазио активно поддерживает комплекс мероприятий, связанных с «интеллектуализацией», например, Smart Cities NYC'17 [16]. В рамках данного мероприятия эксперты в сфере городского планирования участвуют в тематических дискуссиях, предлагают различные решения, направленные на улучшение качества жизни жителей города.

Другим важным критерием оценки строительства умного города является функционирующая система инновационной кадровой политики. «Умный» подход, предполагающий высокотехнологичные решения, применение ИКТ, автоматизацию и цифровизацию многих городских сфер требует наличия компетентных кадров. В период смарт-перестройки городские власти должны уделять особое внимание разработке системы переподготовки и повышения квалификации персонала.

Оценивая процесс трансформации индустриального города в «умный» необходимо учесть и уровень оказываемой государством поддержки. Она может

быть выражена как в принятии различных документов (Стратегий развития и др.), так и в финансовой помощи молодым предпринимателями, предлагающим инновационные решения. В этой связи мы можем говорить о том, что наличие грантовых программ, а также Фондов, содействующих инновационной деятельности способно оказать влияние на оценку уровня «интеллектуальности» отдельного города и страны.

Так как концепция «умного» города основывается на широком применении ИКТ, важным критерием оценки смарт-трансформации выступает наличие системы киберзащиты. Чем «интеллектуальнее» город, тем сильнее каждая из его сфер зависит от ИТ. В этих условиях наличие современной системы киберзащиты является вопросом обеспечения городской безопасности.

Последним критерием оценки городской смарт-трансформации является наличие цифрового доверия у горожан. Высокий уровень готовности жителей города к использованию инновационных решений говорит о том, что процесс цифровой трансформации идет в правильном направлении. В том случае, если уровень цифрового доверия у горожан не так высок, стоит провести ряд исследований, направленных на выявление причин цифрового недоверия.

Авторы статьи считают в дальнейшем целесообразным построение комплексной методики оценки развития умных городов.

Список литературы

1. Lee J. H., Hancoc, M. G., Hu, M.-C. *Towards an effective framework for building smart cities: Lessons from Seoul and San Francisco. Technological Forecasting and Social Change*, 89, 2014. pp. 80-99.
2. Carli R., Dotoli M., Pellegrino R., Ranieri L. *Measuring and Managing the Smartness of Cities: A Framework for Classifying Performance Indicators. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 2013. pp. 1288–1293.
3. Lazaroiu Lazaroi G. C., Roscia M. *Definition methodology for the smart cities model. Energy*, 47, 1, 2012. pp. 326–332.
4. Perboli G., De Marco A., Perfetti F., Marone M. *A New Taxonomy of Smart City Projects. Transportation Research Procedia*, 3, 2014. pp. 470–478.
5. Nam T., Pardo T. *Smart city as urban innovation: Focusing on management, policy, and context. Proceedings of the 5th international conference on theory and practice of electronic governance*, 2011. pp. 185-194.
6. Monzon A. *Smart Cities Concept and Challenges: Bases for the Assessment of Smart City Projects. Smart Cities, Green Technologies, and Intelligent Transport Systems*, 2015. pp.17-31.
7. Priano F. H., Guerra C. F. *A framework for measuring smart cities. Proceedings of the 15th Annual International Conference on Digital Government Research - Dg.o '14*, 2014. pp. 44–54.
8. Afonso R. A. *Brazilian Smart Cities : Using a Maturity Model to Measure and Compare Inequality in Cities. Proceedings of the 16th Annual International Conference on Digital Government Research Dg.o '15*, 2015. pp. 230–238.
9. Синганур выводит на новый уровень понятие «умный город». 2016. URL: <https://rb.ru/story/smart-nation/>.
10. Энергосберегающие технологии в России и за рубежом, 2013. URL: https://stroi.mos.ru/builder_science/energoberegauschie-tehnologii-v-rossii-i-za-rubezhom.

11. *Urban Network Analysys Toolbox*. 2016. URL: <http://cityform.mit.edu/projects/urban-network-analysis.html>.
12. *CompactHealthcare*. 2016. URL: <http://www.comtacthealthcare.com/digital-platform.html>.
13. По оценкам ООН, в 2016. году 4 миллиарда человек, или 54,5% населения мира, проживали в городских поселениях. *Демоскоп weekly*. 2016. № 699-700. URL: <http://www.demoscope.ru/weekly/2016/0699/barom02.php>.
14. 5 самых «умных» городов мира. 2016. URL: <https://rb.ru/list/smarest-cities/>.
15. СМС от МЧС 2016. Материал МЧС медиа. URL: <http://www.mchsmmedia.ru/focus/item/6506746>.
16. *Spcialevents – SmartCities 2017*. URL: <http://smartcitiesnyc.com>.

УДК 004:811:378.147
ББК 20

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЕЙШИХ
ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА
(НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ ЯЗЫКОВ)**

- © *Е.А. Вольникова*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)
© *Ю.М. Горбачева*, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)

**THE POSSIBILITIES OF USING ADVANCED INTERNET
RESOURCES IN THE UNIVERSITY EDUCATIONAL PROCESS
(IN TERMS OF FOREIGN LANGUAGES STUDYING)**

- © *E.A. Volnikova*, Penza State Technological University (Penza, Russia)
© *Yu.M. Gorbacheva*, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В данной статье рассматриваются современные Интернет-ресурсы и их использование в образовательном процессе вуза. Особое внимание уделяется онлайн-энциклопедиям в процессе изучения иностранных языков. Анализируются возможности использования информационной графики и видеоресурсов.

Ключевые слова: информационные технологии, Интернет-ресурсы, информационная графика, онлайн-энциклопедия, данные.

The given article deals with modern Internet resources and their use in the university educational process. Online encyclopedias in foreign languages studying are given particular emphasis. The possibilities of using information graphics and video resources are analyzed.

Key words: information technology, Internet resources, information graphics, online encyclopedia, data.

E-mail: academic_council@mail.ru, evolnikova@mail.ru

Для современного мира характерно обилие информации и коммуникационных технологий, а также процесс глобализации, затрагивающий все сферы человеческой жизни. Ключевые приоритеты в образовании поэтому лежат в сфере обучения информационным технологиям и иностранным языкам, причём английский язык имеет особый статус как язык информационных технологий и Интернета. В данной статье будут предложены идеи по использованию таких

Интернет-ресурсов как “Wikipedia”, “You Tube”, “Twitter”, “Facebook” и других при обучении английскому языку в вузе.

Бесплатная он-лайн энциклопедия “Wikipedia” – самый известный пример сайта, построенного на технологии “wiki”. Уорд Каннингхэм, разработчик первого программного обеспечения “wiki”, изначально планировал создать «самую простую базу данных он-лайн, которая могла бы работать» [1]. Технология “wiki” позволяет своим пользователям создавать и редактировать её содержание, пользуясь только веб-браузером. Запись изменений, сделанных на “wiki” страничках сохраняется, также как и их старые версии. Таким образом, с помощью данной технологии можно работать над созданием коллективного документа, отслеживать весь процесс работы и то, сколько индивидуальных усилий было вложено каждым студентом группы.

Свойства данной программы позволяют использовать её для разных видов работы, таких как: коллективное письмо, создание и управление общей базой данных, мозговой штурм и обмен идеями, исследования, резюме и интерактивное обучение с использованием Интернета [2].

“Wikipedia” была создана в США в 2001 году на английском языке и за последнее десятилетие стала одним из самых популярных Интернет-сайтов. Первоначальная идея заключалась в том, чтобы создать энциклопедию, совместно написанную волонтерами со всего мира. Сегодня этот проект содержит 22 миллиона статей на более чем 280 языках.

Обучение аудированию является одной из главных задач обучения иностранному языку. “Wikipedia” предоставляет нам огромное количество аудио версий своих статей по разным дисциплинам: искусство и архитектура, культурология, естественные науки, математика, литература, история, география, психология, философия, бизнес, экономика, образование, Интернет, технологии, музыка, спорт, развлечения и отдых и т.д..

Большинство этих статей записано носителями английского языка. Особое внимание следует обратить на статьи, отмеченные звёздочкой. Они представляют собой аудио записи высокого качества, предназначенные для образовательных учреждений, выверенные с позиции стиля, грамматики и правописания. Этот огромный ресурс можно с успехом использовать на занятиях по обучению студентов аудированию, предварительно подготовив для них листочки с заданиями, типа “True or False”, «заполните пропуски соответствующей информацией из текста» и т. п..

Преподаватели могут использовать данный ресурс и для развития навыков разговора, если раздадут студентам листочки с вопросами для обсуждения после прослушивания (1-3 раза). Каждый студент сначала записывает ответ на вопрос, а затем обсуждает его со студентами своей группы.

Кроме того, статьи из “Wikipedia” могут быть использованы при обучении чтению. Из четырёх миллионов статей английской версии “Wikipedia” более 15 тысяч являются статьями высокого качества: хорошо иллюстрированными, содержащими точную, проверенную информацию. Такие статьи могут использоваться как для аудиторной работы, так и для индивидуального домашнего чтения.

Преподаватель может подготовить задания для контроля прочитанной студентами информации в виде тестов, выбора подходящего заголовка, работы со словарём, заданий “True or False”, вопросов.

“Wikipedia” может быть использована не только при обучении студентов чтению, аудированию, но и при обучении письму. Тот, кто обучает английскому языку как иностранному, найдёт для себя полезным использование версии “Simple English Wikipedia”. Она представляет собой онлайн-энциклопедию, написанную на базовом английском языке. Этот язык создал лингвист и философ Чарльз Кей Огден в качестве международного вспомогательного языка и как средство обучения английскому как иностранному [3].

Задачей студентов будет составить свой текст на английском языке и ввести его в эту энциклопедию. Тематика текстов может быть очень разнообразна: родной город или деревня, страна, достопримечательности, биографии знаменитых людей, проблемы и интересы студентов и т.п. На студентах будет лежать огромная ответственность за этот проект, так как их статью будет читать огромное количество людей по всему миру.

Также, статьи из “Wikipedia” могут быть использованы преподавателем для проведения диктантов. Диктант – классический методический приём при обучении иностранному языку. Диктант объединяет в себе несколько видов речевой деятельности: аудирование, письмо (правописание, пунктуация), разговор и чтение, если затем выполняется работа над ошибками.

“Wikipedia” предоставляет огромное разнообразие текстов по разным темам для проведения диктантов, а также для тренировки в переводческой деятельности. Если студент получил задание перевести статью из английской версии “Wikipedia” на родной язык, то впоследствии он может разместить свой перевод на русской версии сайта.

Другой Интернет-ресурс, который успешно можно использовать на занятиях по английскому языку в вузе – это **информационная графика**. Она используется для визуального представления информации или данных. Графика представляет сложную информацию быстро и ясно в виде знаков, схем, карт, таблиц и т.п. С помощью информационной графики мы можем запомнить понятие как один символ. Такой маленький символ может содержать много информации, организованной в компактной и доступной форме.

Когда мы используем информационную графику? Это: при введении новой лексики; при введении информации по какой-то одной теме; при повторении и обобщении лексики; при введении культурных реалий; чтобы разнообразить занятия.

Почему студентам нравится информационная графика? Потому что она: яркая и разноцветная; краткая и лаконичная; информация более привлекательная и убедительная; сложную информацию легко воспринимать.

Где найти информационную графику? Для этого надо ввести в поисковую систему словосочетание «информационная графика» и вам откроются разнообразные возможности по её применению.

Следующий инструмент для обучения английскому языку, который нам предлагает Интернет – это программное обеспечение *Smart Notebook*. С помощью этой программы вы можете внести в урок элементы интерактива и позволить студентам с лёгкостью усваивать новый материал. Эту программу можно использовать при введении новой лексики, новых тем, а так же при выполнении разных видов тренировочных упражнений. Кроме того, вы можете использовать на занятиях такие программы как *Lesson Activity Toolkit* и *Gallery Essential*. Они подарят вам огромное разнообразие идей и творческих решений.

Для создания презентаций по различным темам занятий можно попросить студентов использовать *Power Point*. Это ещё один инструмент информационных технологий, подходящий для обучения английскому языку. Можно использовать *Facebook* или *Twitter*, а также *YouTube* для того, чтобы разнообразить процесс обучения и сделать его более эффективным. Использование *Twitter* улучшает навыки чтения при чтении в классе, помогает найти новые идеи для обсуждения разных тем на занятиях, позволяет быть в курсе всех последних новостей.

Как использовать *Twitter*? Для этого:

- зайдите в *Twitter.com* и подпишитесь на аккаунт, который будет использоваться на занятиях;
- найдите новостные агентства или известных людей, которые регулярно пишут в *Twitter* на том языке, который изучают ваши студенты;
- используйте эти записи и отслеживайте их;
- читайте самые свежие новости, каждый раз, когда заходите в *Twitter*.

Для развития у студентов навыков аудирования, реферирования и разговора можно использовать видеофрагменты из *YouTube*. Студенты должны посмотреть короткое видео, записать основные события этого видеофрагмента на бумаге, а затем пересказать, что они посмотрели. Этот вид работы пригодится им впоследствии на переговорах или при синхронных переводах.

Какова структура работы с видеофрагментом? Заключается в следующем: фрагмент делится на семантические сегменты, представленные в письменном и аудио форматах; каждый сегмент предваряется карточкой со словами и их переводом и транскрипцией; каждый сегмент предваряется объяснением грамматических структур, которые будут употребляться в нём; показывается фрагмент с полным его текстом.

Следующий Интернет-ресурс, который можно с успехом использовать при обучении студентов иностранному языку – это программа *Rapid Rote*. Она создана для ускорения запоминания слов через индивидуальную работу со своим списком слов. Задачей студента является увеличение словарного запаса с помощью собственных примеров из словосочетаний и предложений с изучаемыми словами. Данная программа позволяет заменять слова в словосочетаниях и незаконченных предложениях, при этом происходит быстрое механическое запоминание новых слов. Это очень эффективная форма тренировки употребления слов в контексте предложений или словосочетаний. Работая на занятии в программе *Rapid Rote*, студент за короткое время овладевает таким количеством слов, на изучение которых дома ему потребовался бы не один день.

21 век поставил перед образованием новые цели и задачи, но также и предоставил огромное количество возможностей для их достижения. Интернет-ресурсы открывают перед преподавателем обширное поле деятельности, в особенности при обучении иностранным языкам.

Список литературы

1. *What is Wiki*, Ward Cunningham, 27 June 2002, [http://www.wiki.org/wiki.cgi?What is Wiki](http://www.wiki.org/wiki.cgi?What%20is%20Wiki).
2. *Using wikis as a learning tool in higher education*, Irina Elgort. *Proceedings of the conference "ICT: Providing choices for learners and learning"*, Singapore 2-5 December 2007, <http://www.ascilite.org.au/conferences/singapore07/procs/elgort.pdf>.
3. *Basic-English Institute*, <http://www.basic-english.org/>

4. *Schools and university projects in Wikipedia*, http://en.wikipedia.org/wiki/Schools_and_universities_project.
5. *Brown, D. (2001). Teaching by principle – an interactive approach to language pedagogy /D. Brown, Addison Wesley Longman: New York, 2001.*
6. *Wikipedia statistics*, http://meta.wikimedia.org/wiki/List_of_Wikipedias
7. *Ross, J. ESL Listening Comprehension: Practical Guidelines for Teachers /.*
8. *J. Ross*, <http://iteslj.org/Techniques/Ross-ListeningComprehension.html>.

УДК 378.14

ББК 22

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК КОМПОНЕНТ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА НА ПРИМЕРЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ

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

INFORMATION TECHNOLOGIES AS A PART OF EDUCATIONAL PROCESS ON AN EXAMPLE OF TUTORING TO FOREIGN LANGUAGES

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

В статье приведены существующие классификации информационных технологий, используемых в учебном процессе, и описана собственная, связанная с функциональными этапами данного процесса; приведены примеры использования ИТ в ходе обучения иностранному языку студентов технического вуза.

Ключевые слова: информационные технологии, обучение иностранному языку с помощью компьютера (CALL), студенты технического вуза, этапы учебного процесса.

The article deals with current classifications of information technologies used in teaching / learning process and describes the one based on IT functionality at different stages of the process; the authors give multiple examples of IT application while teaching a foreign language in a technical students' classroom.

Key words: information technologies, computer-aided language learning (CALL), technical students, educational process stages.

E-mail: i-kulikova@list.ru

Тот факт, что информационные технологии стали неотъемлемой частью современной жизни невозможно подвергнуть сомнению: банковское дело и транспорт, разработку промышленных изделий и их производство, науку и сферу развлечений сейчас невозможно представить без широкого использования компьютеров. Образование в этом смысле не является исключением. Имея основной целью подготовку студентов к эффективному профессиональному функционированию в мире все более и более зависимом от компьютеров, преподаватели вузовских дисциплин – специальных, общенаучных и гуманитарных – должны включать информационные технологии в учебный процесс и как эффективный инструмент, и как средство получения разнообразных научных данных.

Пензенский государственный технологический университет имеет значительный опыт применения ИТ для обучения и профессиональной подготовки будущих инженеров, что позволяет нам поделиться некоторыми выводами об особенностях использования в учебном процессе разных типов программного

обеспечения. В качестве примера в данной статье будет рассмотрен почти двадцатилетний опыт внедрения компьютеров в повседневную практику работы кафедры иностранных языков.

Обратившись к истории вопроса, можно сказать, что в мировой практике преподаватели иностранных языков были одними из первых, кто нашел применение *IT* в своей работе со студентами. Первые попытки, имевшие место в 1960-х годах и оказавшие как положительное, так и отрицательное влияние на отдельные аспекты процесса обучения, привели к тому, что большое количество исследователей – чаще всего работавших на стыке прикладной информатики и педагогики – занялось разработкой технологий, которые могли бы повысить эффективность обучения иностранному языку. Что, в свою очередь, имело результатом создание как специализированных «языковых» технологий (*CALL* – *Computer Assisted Language Learning*, *TELL* – *Technology Enhanced Language Learning*, *ICALL* – *Intelligent CALL* и др.), так и технологий, которые могут использоваться на различных этапах обучения любым предметам (*DDL* – *Data Driven Learning*, *CAA* – *Computer Aided Assessment* и др.).

В самом широком смысле компьютерные технологии, используемые в обучении иностранным языкам, можно разделить на две категории: 1) программы общего назначения, такие как текстовые процессоры, программы для создания презентаций, электронная почта и *Web*-браузеры; 2) программы специального назначения, имеющие целью развитие конкретных языковых навыков. Среди других классификаций можно упомянуть классификацию Девиса (*Davis*) и Хиггинса (*Higgins*) [2]. Они выделяют: 1) программы, состоящие из автоматизированных стандартных типов тренировочных упражнений (множественный выбор – *multiple choice*, заполнение пробелов – *gap filling*, восстановление правильной последовательности – *reordering* и др.); 2) программы, имитирующие ситуации языкового общения. Существует классификация Джонса (*Jones*) и Фортескью (*Fortescue*) [4], которая выделяет три типа программ: 1) те, которые предназначены для развития грамматических знаний и расширения словарного запаса обучаемых; 2) те, которые предназначены для развития умений в области видов речевой деятельности – чтения, говорения, аудирования и письма; 3) дополнительные программы, предназначенные для поиска нужной информации и авторские программы. Варшауер (*Warschauer*) [5] рассматривает программы с точки зрения используемого методического подхода: 1) бихейвиористские, которые используются для предъявления учебных материалов и тренировки их запоминания; 2) коммуникативные, которые развивают речевые умения студентов; 3) интегративные, которые соединяют мультимедийные возможности и опосредованное компьютером общение с большей самостоятельностью студента в выборе учебного материала и собственных учебных действий.

Самая подробная типология была дана в работе Г. Девиса (*G. Davis*) «*Language Education, Computer-Assisted*» [3]. Он выделяет следующие типы программного обеспечения:

- Первые простейшие *CALL* (которые имели целью снабдить обучаемого стимулом для реагирования);
- Коммуникативные *CALL* (которые предназначались для повышения эффективности речевой деятельности обучаемого);

- Мультимедийные *CALL* (которые используют звук и видео в добавление к традиционному тексту);
- *CALL* на основе Интернета (которые используют информационные ресурсы сети и новые типы совместной работы в ней);
- *CALL* для преподавателя (которые снабжают его инструментами для разработки авторских курсов);
- «Умные» *CALL* (которые пытаются использовать искусственный интеллект для выполнения функций преподавателя);
- *CAA* (которые позволяют использовать компьютер, как инструмент процедур оценки);
- *CALL* для совместной работы (которые реализуются в процессе использования технологии *whiteboard* для организации работы в классе).

Практический опыт использования компьютерных технологий позволил нам предложить собственный вариант типологии, основанный на том, какую функцию в процессе обучения они выполняют. Мы используем: (1) программы, предназначенные для *введения учебных материалов*; (2) программы, предназначенные для интенсификации процесса *усвоения учебных материалов*; (3) программы, предназначенные для *демонстрации результатов учебной деятельности*; (4) программы для обеспечения *обратной связи и оценки результатов*; (5) программы, с помощью которых преподаватель осуществляет *управление учебным курсом*.

Для введения учебных материалов мы используем электронные библиотеки и Web-ресурсы.

Электронные библиотеки: «Лань» (<https://e.lanbook.com/>), “*BOOK.ru*” (<http://www.book.ru/>), “Библиоклуб.ру” (<http://biblioclub.ru/>), “*IPRbooks*” (<http://www.iprbookshop.ru/>) и др. – содержат множество современных научных и учебных изданий, что позволяет преподавателю разнообразить и совершенствовать учебные материалы, а также точнее приспособлять их к потребностям конкретной учебной группы. Университету приходится оформлять подписку на право пользования этими библиотеками, но в большинстве случаев это дешевле чем, закупать печатные материалы. Студенты должны зарегистрироваться в выбранной библиотеке через сайт университета, чтобы получить бесплатный доступ к нужным материалам со своего домашнего компьютера.

Web-ресурсы используются, чтобы дать студентам возможность работы с аутентичными аудио- и видеоматериалами, отражающими разные аспекты повседневной или профессиональной деятельности на иностранном языке. Мы используем и сайты, специально разработанные для целей обучения, например, *BBC Learning English* (<http://www.bbc.co.uk/learningenglish>) и информацию, выложенную в свободный доступ пользователями *YouTube*. Специализированные языковые сайты содержат большой объем качественных учебных материалов, но эти отрывки из новостных программ, истории или фрагменты фильмов не всегда тематически соответствуют принятым в вузе учебным программам. Практически невозможно там найти языковую информацию, связанную с профессиональной деятельностью наших студентов. С другой стороны, на сайтах, подобных *YouTube*, можно найти любую нужную информацию, но она крайне редко бывает предназначена для учебных целей и, следовательно, не будет учитывать такой важный фактор как соответствие изучаемому уровню языка (*elementary, pre-intermediate* и др.). Поэтому преподавателю

требуется значительное время и профессиональные умения, чтобы адаптировать такие материалы для использования в учебном процессе.

Примером технологий используемых для усвоения (тренировки) учебных материалов может служить хорошо известный шаблонный ресурс *Hot Potatoes* (<http://web.uvic.ca/hrd/halfbaked/>). Он позволяет преподавателю создавать и публиковать в сети интерактивные задания, предназначенные, в основном, для расширения словарного запаса обучаемых и тренировки их грамматических умений.

Нужно отметить, что ряд программ, применяемых в практике нашей кафедры, соединяет в себе несколько функциональных компонентов, например, введение и тренировка учебного материала или представление результатов и их оценивание. О некоторых из таких программ мы поговорим более подробно.

Для введения, тренировки и оценки учебных материалов используются лексические, грамматические и мультимедийные курсы. *A Course of English Grammar* и *Der grammatische Deutschkurs* были разработаны нашими преподавателями на базе платформы MOODLE и имеют сходную структуру. Каждая грамматическая тема состоит из пояснительных материалов, набора тренировочных упражнений, проверяемых автоматически, ряда заданий, высылаемых на проверку преподавателю и итогового теста, проверяемого автоматически.

Сотрудничество с компьютерными лабораториями университета позволяет нам создавать мультимедийные курсы, за содержательную сторону которых отвечают преподаватели кафедры иностранных языков, а за технологическую – специалисты в области IT. Эти курсы имеют разную структуру, которая соответствует типу решаемых с их помощью образовательных задач и особенностям обучаемых.

Мультимедийный курс для специальных целей *English for Environmental Students* содержит сложную фактическую информацию и похож на традиционный учебный курс тем, что состоит из профильно-ориентированных текстов, сопровождаемых аудио-файлами, а также набора предтекстовых и послетекстовых заданий, часть из которых является интерактивными.

Учебный гипертекст *How American Businesses Work* представляет собой коллекцию нелинейных учебных материалов разного рода (текст, графику, звук и видео), связанных гиперссылками, и представляющих разные аспекты функционирования американской фирмы. Особенности гипертекстовой формы представления учебных материалов не позволяют включать в этот курс очень объемные и сложные для восприятия тексты и аудио-фрагменты, что дает возможность использовать его не только для обучения студентов экономических специальностей. Ключевым отличием учебного гипертекста от других учебных курсов является то, что он, представляя обучаемым большой выбор разной по форме информации, не содержит «готовых ответов» для копирования. Решая поставленную учебную задачу, каждый студент исследует пространство гипертекста по индивидуальной траектории, развивая кроме языковых навыков еще и собственные речемыслительные операции [1].

В практике работы со студентами заочной формы обучения широко используются процедуры автоматической оценки: курсы, созданные на платформе MOODLE, *Tests for Correspondence Students of English* и *Test für Fernstudenten* позволяют проверить уровень сформированности навыков чтения и применения грамматических умений. Задания состоят из ограниченного числа предложений или высказываний, но каждый студент получает индивидуальный вариант

благодаря тому, что эти предложения / высказывания предъявляются ему в случайном порядке. Благодаря автоматической проверке значительно экономится время преподавателя, однако, для получения хорошего результата студентам необходимо не только правильно выполнить задания, но и внимательно отнестись к технической стороне упражнения. Если оно подразумевает введение собственного ответа, то лишний пробел или отсутствие заглавной буквы, например, могут рассматриваться компьютером как ошибка и оцениваться соответственно. Кроме того, тестирование как таковое может считаться эффективным для проверки знаний в области лексики и грамматики и таких репродуктивных умений как чтение и аудирование, но продуктивные умения – говорение и письмо – слабо поддаются алгоритмизации и, следовательно, такому типу проверки.

Управление обучением иностранному языку включает в себя такие аспекты, как разработка курса, организация учебного процесса и обратной связи, оценка учебной деятельности студентов. Все эти аспекты могут быть успешно реализованы в рамках *MOODLE – Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment* (<http://moodle.org/>). Эта платформа содержит разнообразные инструменты, которые дают преподавателю возможность эффективно выполнять свои функции на всех этапах учебного процесса.

Преподаватель может 1) создавать авторские учебные курсы, используя данные любого типа (текст, графику, звук) и обеспечивать доступ к ним для своих студентов; 2) разрабатывать тренировочные задания, сопровождаемые комментариями, позволяющими студентам избежать ошибок; 3) разрабатывать автоматизированные тесты и выбирать процедуру их проведения (количество попыток, критерии проверки, шкалу оценивания); 4) получать письменные работы студентов для проверки и оценивания, отсылать их обратно с комментариями; 5) информировать обучаемых о наступающих событиях, связанных с курсом, и возможных изменениях содержания работы и / или ее сроков.

Таким образом, мы видим, что разнообразные возможности, которые информационные технологии вносят в процесс обучения, могут сделать его более насыщенным и эффективным, но и более зависимым от техники и менее коммуникативным. В ряде ситуаций время преподавателя экономится (при автоматической проверке), в других – времени и творческих усилий требуется больше (при разработке собственного электронного контента). Следовательно, каждый раз, принимая решение об использовании тех или иных информационных технологий в процессе обучения, преподаватель должен внимательно оценить потребности студентов, цели и задачи курса, а также собственные возможности как автора электронных учебных материалов.

Список литературы

1. Куликова И.В. Развитие речемыслительных способностей студентов при работе с учебным гипертекстом на иностранном языке // *Азимут научных исследований: педагогика и психология*. 2014. №4(9). С.74-77.
2. Davies G., Higgins J. *Using computers in language learning: a teachers' guide*. London: CILT, 1985.
3. Davies G. *Language Education, Computer-Assisted*. London: Thames Valley University, 2006.
4. <http://hstrik.ruhosting.nl/wordpress/wp-content/uploads/2013/03/Davies2006.pdf>

5. Jones C., Fortescue S. *Using computers in the language classroom*. Harlow: Longman, 1987.
6. Warschauer M. *Computer assisted language learning: an introduction. Multimedia language teaching*. Tokyo: Logos International, 1996.

УДК 004.78:025.4.036
ББК 30

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПО ПОДБОРУ АВТОМОБИЛЯ

© Ю.Е. Усачев, Пензенский государственный технологический университет,
(Россия, г. Пенза)

DEVELOPMENT OF EXPERT SYSTEM FOR THE SELECTION OF THE CAR

© Yu.E. Usachyov, Penza State Technological University (Russia, Penza)

Предлагаемая методика позволяет разрабатывать экспертные системы по подбору автомобиля, которые позволяют учесть все пожелания покупателя и изучать покупательский спрос.

Ключевые слова: экспертные системы, подбор автомобиля

The proposed method allows to develop an expert system for the selection of the car that allow to take into account all the wishes of the buyer and explore consumer demand.

Key words: expert system, selection of the car

E-mail: uje1@pgta.ru

В настоящее время покупателю в России предлагается большое количество импортных и отечественных марок автомобилей. Как правило в рекламных сообщениях и при продаже указываются технические параметры, большинство из которых не понятны простому покупателю, который хочет купить автомобиль, удовлетворяющие его требованиям. Существующие системы [1,2] осуществляют подбор автомобилей по техническим параметрам.

В тоже время, существуют потребительские свойства автомобилей. Потребительские и эксплуатационные свойства автомобиля это группа свойств, определяющих возможность его эффективного использования [3]. Актуальной является задача разработки системы подбора автомобиля покупателем, по его потребительским свойствам.

Имеется множество марок автомобилей, выставленных на продажу. Каждый автомобиль представлен своими техническими характеристиками и потребительским свойствам. При выборе автомобиля покупатель изучает их потребительские свойства и технические параметры и приходит к решению какую марку автомобиля надо купить.

Необходимо разработать систему подбора автомобиля по его потребительским свойствам, учитывающие требования покупателя.

Допустим, имеется множество марок автомобилей $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, каждая из которых характеризуется множеством параметров $P = \{p_1, p_2, \dots, p_k\}$ и множеством видов потребительских свойств $T = \{t_1, t_2, \dots, t_j\}$.

Проблема выбора типа автомобиля является многокритериальной [4], поскольку каждая марка автомобиля определяется количественными значениями нескольких типов свойств.

Необходимо разработать экспертную систему, которая определяет марку автомобиля, наиболее удовлетворяющую требованиям покупателя.

Разработка экспертной системы осуществляется в несколько этапов.

На первом этапе производится анализ видов потребительских свойств, которые составляют некоторую групповые свойства, обеспечивающие движение: тормозные; информативность; топливную экономичность, тягово-скоростные; проходимость; устойчивость; маневренность; безопасность и надежность [3].

Проводится анализ обращений покупателей и определяются множество видов потребительских свойств $T=\{t_1, t_2, \dots, t_j\}$, которые будут учитываться при разработке экспертной системы.

На втором этапе производится онтологический анализ предметной области (марок автомобилей) [5].

Разработка самой онтологии включает:

- определение классов в онтологии;
- расположение классов в таксономическую иерархию (подкласс – надкласс);
- задание атрибутов (слотов) - видов потребительских свойств;
- заполнение значений (атрибутов) слотов экземпляров.

При построении онтологии определяются экземпляры – это конкретные объекты, которые имеют конкретные значения атрибутов. Каждый экземпляр имеет уникальное значение атрибутов, по которому его можно распознать. Поэтому в данном случае экспертная система это программа, которая анализирует значения атрибутов. В результате анализа определяется экземпляр, то есть объект, который обладает указанными свойствами.

По результатам анализа создаётся модель предметной области в виде онтологии (рисунок 1), которую разработчики используют при создании экспертной системы.

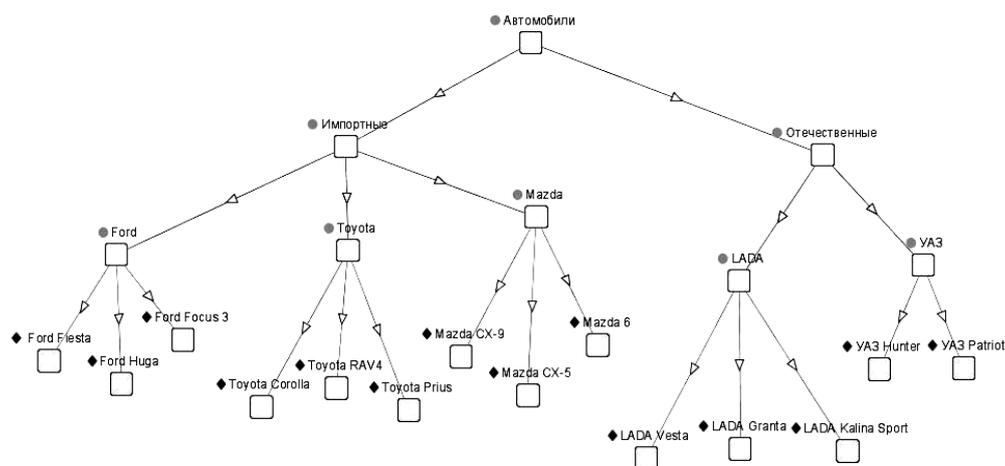


Рисунок 1 – Таксономия онтологической модели предметной области – автомобили

На третьем этапе разрабатывается экспертная система. Её создание начинается с разработки машины логического вывода. Поскольку разрабатываемая экспертная система является диагностической, то целесообразно разрабатывать её как систему реляционного типа [6,7]. Для создания машины логического вывода необходимо разработать дерево решений. Дерево решений удобно представлять ориентированным графом. Все вершины орграфа соответствуют, либо уточняющим запросам экспертной системы к покупателю, либо ответом ЭС на задачу (решение ЭС).

Если вершина соответствует уточняющему вопросу экспертной системы, то из нее выходят две дуги (в случае многоальтернативного выбора количество дуг соответствует числу возможных выборов). Каждая дуга соответствует одному из альтернативных ответов пользователя. Вершина, соответствующая ответу ЭС на поставленную задачу, не имеет выходящих дуг. По существу, поиск решения экспертной системой означает "путешествие" по этому орграфу. Такое путешествие состоит из последовательности однотипных шагов, на каждом из которых пользователь должен решить, по какой дуге он пойдет из очередной вершины.

Разработка дерева решения основана на использовании онтологической модели предметной области. Каждая вершина дерева решений соответствует некоторому показателю или потребительскому свойству. ЭС выдает запрос определяющий значимость этого потребительского свойства для покупателя. Так шаг за шагом уточняются требования покупателя в результате чего ЭС выдаст решение – марку (марки) автомобилей, которые удовлетворяют требованиям покупателя.

Графическое представление дерева решения удобно для разработчиков, а для представления его в вычислительной машине используют таблицу "Управление переходами состояний". Таблица «Управление переходами состояний» применяется для организации работы Машины вывода. В ней описаны все возможные переходы, соответствующие дереву решения от одного состояния к другому. В каждой строчке таблицы или указана следующая вершина дерева или сообщается о найденном решении.

Экспертная система должна общаться с покупателем в диалоговом режиме. Одной таблицы управления переходами недостаточно, так как необходимо еще информация о реакциях ЭС на запросы покупателя. Это может быть или следующий вопрос или решение. Для организации диалога с покупателем необходимо создать таблицу «Вопросы-Ответы». Эта таблица нужна для того чтобы выдавала покупателю или следующий вопрос или готовое решение.

Для организации диалога с покупателем в системе существует "Интерфейс пользователя", позволяющий осуществлять на дисплее выбор ответа с применением графических окон и диалогов. Он позволяет в наглядной форме удобной для покупателя, осуществлять вывод вопросов системой и ввод ответов покупателя.

В экспертной системе имеется блок объяснений. Он позволяет покупателю разъяснить, как экспертная система пришла к такому решению. Для создания блока объяснений необходимо таблицу «Объяснения», которая содержит всем возможным состояниям ЭС. Первый столбец таблицы соответствует состоянию системы, а второй столбце - объяснения покупателю.

В настоящее время существуют множество инструментальных средств, позволяющих реализовать экспертную систему. В качестве инструментального

средства для реализации данной экспертной системы был выбран язык программирования *Visual Prolog ver. 7.5*, позволяющий создавать различные системы искусственного интеллекта с графическим интерфейсом

Таким образом, экспертная система по подбору автомобиля позволяет покупателю самостоятельно осуществлять выбор марки автомобиля. Такая система обосновывает покупку и убеждает покупателя в правильности его выбора. Кроме того, анализ работы этой системы (ответов покупателей) позволит правильно судить о покупательском спросе, то есть какие марки автомобилей наиболее популярны

Список литературы

1. *Quto.ru* Подбор нового авто по параметрам Режим доступа: <https://quto.ru/catalog/search/>.
2. *Калькулятор. Справочный портал Подбор автомобиля по характеристикам.* Режим доступа: <https://www.calc.ru/podbor-avto.html>.
3. *Студопедия — Ваша шкoлoпeдия.* Режим доступа: http://studopedia.ru/1_90179_potrebitelskie-svoystva-avtomobiley.html.
4. В.Д. Ногин. *Принятие решений при многих критериях. Учебно-методическое пособие.*— СПб. Издательство «ЮТАС», 2007. — 104 с.
5. Добров Б.В. *Онтологии и тезаурусы: Модели, инструменты, приложения.* / Добров Б.В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В., Соловьев В.Д. //Учебное пособие. — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ, Лаборатория знаний, 2009. — 173 с.
6. Герман О.В. *Введение в теорию экспертных систем и обработку знаний.* — Мн.: ДизайнПРО, 2008 — 365 с.
7. *Джексон Питер. Введение в экспертные системы.* — СПб.: Издательский дом «Вильямс», 2008.
8. Цуканова Н.И., Дмитриева Т.А. *Логическое программирование на языке Visual Prolog. Учеб. пособие для вузов.* — М.: Горячая линия – Телеком, 2008-144 с.

УДК 004.9

ББК 22

МОДЕЛИ СТАТИСТИЧЕСКОГО МАШИННОГО ПЕРЕВОДА

© *О.Н. Ясаревская, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

REVISITING STATISTICAL MACHINE TRANSLATION MODELS

© *O.N. Yasarevskaya, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Автор рассматривает вопросы, связанные с использованием информационных технологий в прикладной лингвистике. В статье дается определение перевода, общая классификация систем машинного перевода. Особое внимание уделяется статистическому машинному переводу, приводится общая характеристика его моделей и алгоритмов оценки параметров.

Ключевые слова: системы машинного перевода, информационные технологии, прикладная лингвистика, статистический машинный перевод, выравнивание, модели, алгоритмы оценки параметров.

The author considers some issues connected with IT application in applied linguistics. The definition of “translation”, general classification of machine translation systems are offered in the article. Special attention is paid to statistical machine translation. General description of statistical machine translation models and estimation parameters algorithms are presented in the article.

Key words: machine translation systems, IT, applied linguistics, statistical machine translation, alignment, models, parameters estimation algorithms.

E-mail: olga-appointment@yandex.ru

Ни у кого не вызывает сомнения тот факт, что по мере расширения информатизации современного общества возрастает значение прикладной лингвистики. Данная отрасль знаний находится на стыке гуманитарной науки лингвистики, изучающей законы развития и пользования могучим средством мышления и общения – языком – и знанием компьютерных технологий, отвечающих за большую часть интеллектуального труда человека [4].

Существует несколько направлений использования информационных технологий в современной лингвистике:

- отдельные виды автоматизации лингвистических исследований (например, корреляционный анализ взаимосвязей морфологических, синтаксических и семантических характеристик английских глаголов);

- автоматизация лексикографических работ (машинные фонды, т.е. совокупность текстов, собранных в соответствии с определенными правилами, размеченных по определенному стандарту и обеспеченных специализированной поисковой системой - Википедия);

- автоматический поиск библиографической информации, включающий также реферирование и индексирование (обычные поисковые системы Google, Яндекс, Bing можно назвать и системами поиска библиографической информации);

- системы машинного перевода – СМП – (полностью автоматические; при участии человека – machine translation systems (MT); перевод осуществляется человеком с использованием компьютера – translation memory systems (TM)) [3].

В данной статье мы кратко рассмотрим некоторые общие вопросы, связанные с системами машинного перевода и остановимся на статистическом машинном переводе и его моделях.

Что же мы понимаем под переводом? Перевод – это процесс и результат создания на основе исходного текста на одном языке равноценного ему в коммуникативном отношении текста на другом языке. Язык есть важнейшее средство человеческого общения. Без языка человеческое общение невозможно, а без общения не может быть и общества, а тем самым и человека. Без языка не может быть и мышления, т. е. понимания человеком действительности и себя в ней [5]. СМП текстов моделируют работу человека-переводчика. Сравнивая работу машины и человека, можно привести некоторые данные:

Перевод СМП	Перевод человеком
Предложения не согласованы синтаксически	Предложения построены правильно
Стилистика текста не учитывается	Тексты стилистически оформлены с учетом подтекста
Используется первое по частотности употребления значение слова, а не его терминологическое значение	Перевод слова подбирается в соответствии с тематикой текста
Требуется обязательная доработка полученного перевода	Предлагается уже законченный вариант перевода

Возможно, данная характеристика не совсем полная и может вызывать возражения [6]. Но сейчас достаточно очевидно, что нельзя заменить человека-переводчика машиной. Однако облегчить труд его вполне возможно.

Работа любой СМП предполагает прохождение следующих формальных шагов:

1. Ввод (ввод текста, поиск входных словоформ, морфологический анализ);
2. Перевод (перевод идиоматических словосочетаний и фразеологических единств, определение основных грамматических характеристик – морфологических, синтаксических, семантических, лексических, лексический анализ, применение переводных соответствий);
3. Окончательный грамматический анализ;
4. Синтез основных словоформ [7].

Современные СМП делятся на три большие группы: основанные на правилах; основанные на примерах; статистические [1], [2].

СМП, основанные на правилах подразделяются на пословный перевод, трансфертные системы и интерлингвистические системы.

Системы пословного перевода просты, но используются крайне редко из-за низкого качества, т.к. слова текста-оригинала преобразуются в слова переводного текста. Его можно использовать для перевода длинного списка слов, для составления подстрочника. В основе работы трансфертных систем (ImTranslator, PROMPT) лежит очень простой принцип: к тексту-оригиналу применяются правила, которые находят соответствия между структурами исходного и переводного языков. Работа любой такой системы предполагает проведение морфологического анализа, лексической категоризации, лексического трансфера, структурного трансфера и морфологической генерализации. При данном способе достигается достаточно высокое качество перевода, т.к. возможен выбор тематики перевода и возможно уточнение перевода. Тем не менее, данный метод очень трудоемкий, затратный, а для описания каждого исходного и каждого переводного языка потребуется команда квалифицированных лингвистов. Интерлингвистический машинный перевод предполагает прохождение двух этапов: преобразование текста на исходном языке в язык-посредник, затем с языка-посредника – на переводной язык. Анализ и синтез при использовании языка-посредника принципиально разделяются. Анализ ведется в категориях входного языка, а синтез – в категориях выходного языка. Все это обуславливает высокую сложность разработки.

При переводе, основанном на примерах, потребуется языковой корпус, который составлен из пар предложений. Языковые пары – это тексты, содержащие предложения на одном языке и соответствующие им предложения на втором. В данном случае мы оперируем данными более высокого уровня. Данная система хорошо справляется со многими контекстными задачами (например, фразовые глаголы). Для построения системы не требуются квалифицированные лингвисты, а только инженеры. Возможно обучение системы во время ее эксплуатации. Однако перевод в большой степени зависит от корпусов, которые использовались при обучении. Для создания подобных систем требуются специализированные языки программирования и много времени для обучения.

Статистический машинный перевод использует сравнение больших объёмов языковых пар (Google, Moses, Pharaoh, Rewrite, Yandex Translator). Здесь работает основное правило: чем больше в распоряжении имеется языковых пар и чем точнее они соответствуют друг другу, тем лучше результат статистического

машинного перевода. Статистический машинный перевод основан на поиске наиболее вероятного перевода предложения с использованием данных из двуязычных корпусов текстов. В результате при выполнении перевода компьютер не оперирует лингвистическими алгоритмами, а вычисляет вероятность применения того или иного слова или выражения. Один из применяемых подходов – теорема Байеса:

$$P(E|F) = P(E|F) P(E),$$

где $P(E|F)$ – вероятность того, что исходная строка является переводом оригинала, а $P(E)$ – вероятность возможности получить строку целевого языка [9].

При наличии достаточно долгой тренировки системы и при наличии качественных корпусов текста можно добиться высокого качества перевода. Труд человека минимизирован для создания таких систем. Среди недостатков можно отметить такие, как необходимость наличия больших параллельных корпусов текста, сложный математический аппарат, продолжительное время обучения. При добавлении нового языка приходится анализировать большое количество параллельных корпусов.

В настоящее время статистический машинный перевод является лидером среди других методов машинного перевода. Группа ученых - Peter E Brown, Vincent J. Della Pietra, Stephen A. Della Pietra, Robert L. Mercer – из IBM T.J. Watson Research Center описали серию пяти статистических моделей процесса перевода и предложили алгоритмы для оценки параметров этих моделей, представленных множеством пар предложений, которые являются переводом одного в другое. Ученые предложили понятие пословного выравнивания между такими парами предложений. Для любой заданной пары таких предложений каждая из этих моделей присваивает вероятность каждого из возможных пословных выравниваний, а затем предоставляется алгоритм для поиска самого вероятного из этих выравниваний. Алгоритм близок к оптимальному, следовательно, выравнивание хорошо подходит для пословных отношений в паре предложений. Данные получены на примере английского и французского языков, но можно предположить, что алгоритмы работали бы успешно и с другими парами языков, т.к. в них содержится минимальное лингвистическое содержание. С другой стороны, из-за минимального лингвистического содержания алгоритмов разумно утверждать, что пословное выравнивание свойственно для любой достаточно большой двуязычной совокупности текстов [9].

В качестве примера можно привести одно и то же предложение на английском и немецком языках.

And (1) the (2) program (3) has (4) been (5) implemented (6)

↓ ↓ ↓ ↓ ↓
Dieses (1) Program (2) ist (3) realisiert (4).

Выравнивания показаны графически с помощью линий, идущих от английских слов к немецким словам. Эти линии называют связями. Выравнивание имеет четыре связи: (*the, Dieses*), (*program, Program*), и так далее. Мы записываем это выравнивание как (*Dieses Program ist realisiert | And the(1) program(2) has(3) been(3) implemented(4)*). Цифры после английских слов показывают позиции в немецкой строке слов, с которыми они связаны. Поскольку *And* не соединен ни с какими немецкими словами, после него нет никакой цифры. Мы полагаем, что каждое выравнивание правильно с некоторой вероятностью, и таким

образом, мы находим вариант *Dieses Program ist (realiziert | And (1,2,3,4,5,6) the program has been implemented)* приемлемым.

Предназначение каждой модели – дать рекомендации для вычисления условной вероятности $\Pr(\mathbf{g}|\mathbf{e})$, которая называется правдоподобием перевода (\mathbf{g} – немецкая строка, \mathbf{e} – английская строка). Эта функция большого количества свободных параметров, которые надо оценить в процессе отработки. Правдоподобие ряда переводов является результатом правдоподобия его составляющих. В основе данного процесса алгоритм EM (Expectation-maximization) (Baum 1972; Dempster, Laird и Rubin 1977) [8]. Каждая итерация алгоритма состоит из двух шагов. На E-шаге вычисляется ожидаемое значение функции правдоподобия. На M-шаге вычисляется оценка максимального правдоподобия, что увеличивает ожидаемое правдоподобие, вычисляемое на шаге E.

Дадим краткое описание моделей, не затрагивая математическую составляющую. В моделях 1 и 2 выбирается длина для немецкой строки, предполагая, что все приемлемые длины одинаково вероятны. Затем, для каждой позиции в немецкой строке, мы решаем, как соединить ее с английской строкой и какое немецкое слово поместить туда. В модели 1 мы предполагаем, что все связи для каждой немецкой позиции одинаково вероятны. Поэтому, порядок слов в английской строке \mathbf{e} и немецкой строке \mathbf{g} не влияет на $\Pr(\mathbf{g}|\mathbf{e})$. В модели 2 мы делаем более реалистичное предположение, что вероятность связи зависит от позиций, которые она соединяет и от длин двух строк. Поэтому, для модели 2 $\Pr(\mathbf{g}|\mathbf{e})$ действительно зависит от порядка слов в английской строке \mathbf{e} и немецкой строке \mathbf{g} .

В моделях 3, 4, и 5 мы совершенствуем немецкую строку, выбирая для каждого слова в английской строке сначала число слов в немецкой строке, которые будут связаны с ним, затем тождество этих немецких слов, и наконец, фактические позиции в немецкой строке, которую займут эти слова. Именно этот последний шаг определяет связи между английской и немецкой строками, и именно здесь эти три модели отличаются. В модели 3, как и в модели 2, вероятность связи зависит от позиций, которые она соединяет, и от длин английских и немецких строк. В модели 4 вероятность связи зависит еще и от тождества связанных немецких и английских слов и от позиций любых других немецких слов, которые связаны с одним тем же английским словом. Модели 3 и 4 являются неполными.

Модель 5 очень похожа на модель 4, за исключением того, что является полной. Модели 1-4 служат стартовыми площадками для подготовки модели 5. У моделей 1 и 2 есть очень простая математическая форма, поэтому итерации алгоритма EM могут быть вычислены точно, т.е. мы можем подробно вычислить суммы по всем возможным выравниваниям для этих двух моделей. Кроме того, у модели 1 есть уникальный локальный максимум, поэтому параметры, полученные для нее в ряде итераций алгоритма EM, не зависят от начальной точки для итераций. Мы используем модель 1 для предоставления начальных оценок для параметров модели 2. В модели 2 и в последующих моделях у функции правдоподобия нет уникального локального максимума, но инициализируя каждую модель от параметров предыдущей, мы получаем оценки параметров заключительной модели, которые не зависят от наших первоначальных оценок параметров для модели 1.

В моделях 3 и 4 мы должны довольствоваться приближенными итерациями алгоритма EM, потому что не представляется возможным провести суммы

по всем возможным выравниваниям для этих моделей. Но, приближаясь по сложности к модели 5, они сохраняют достаточную простоту, которая позволяет проведение эффективного исследования окружения вероятных выравниваний и, следовательно, позволяет включить все важные выравнивания в каждую итерацию алгоритма EM.

Таким образом, построение моделей статистического машинного перевода – это очень трудоемкий процесс, который зависит от наличия многоязычного корпуса текстов и специального оборудования, чтобы работать с переводческими моделями. Но именно статистический машинный перевод в настоящее время может оказать неоценимую помощь переводчикам.

Список литературы

1. Анисимов А.В. *Компьютерная лингвистика для всех. Мифы. Алгоритмы. Язык.* – Киев: Наукова думка, 1991. – 208 с.
2. Арнольд И.В. *Основы научных исследований в лингвистике.* – М.: Высшая школа, 1991. – 140 с.
3. Грязнухина Т.А., Дарчук И.П., Клименко Н.Ф., и др. *Использование ЭВМ в лингвистических исследованиях.* – Киев: Наумова думка, 1990. – 226 с.
4. Марчук Ю. Н. «Основы компьютерной лингвистики / Учебное пособие. Издание 2-е дополненное». – М.: Изд-во МПУ «Народный учитель», 2000. – 226 с.
5. Реформатский А.А. «Введение в языковедение» / Под ред. В.А. Виноградова. – М.: Аспект Пресс, 1996. – 536 с.
6. Хроменков П.Н. «Анализ и оценка эффективности современных систем машинного перевода» // Диссертация на соискание учёной степени кандидата филологических наук. – М.: РГБ, 2000. – 265 с.
7. Швейцер А.Д. *Теория перевода.* – М.: Наука, 1988. – 280 с.
8. P. Brown, Vincet J. Della Pietra, Stephen A. Della Pietra, Robert L. Mercer / *Computational Linguistics*, 1993. – Issue 19(2). – PP. 263-311.
9. https://www.researchgate.net/publication/230875890_The_Mathematics_of_

УДК 130.3

ББК 87.2

ИННОВАЦИОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИАГНОСТИКЕ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗОВ

- © С.Д. Морозов, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (Пенза, Россия)
© А.А. Парменов, Пензенский государственный университет (Пенза, Россия)
© О.А. Мартынова, Пензенский государственный университет (Пенза, Россия)

INNOVATIVE COMPUTER TECHNOLOGIES IN THE DIAGNOSTICS OF PSYCHOPHYSICAL CONDITION OF UNIVERSITY STUDENTS

© S.D. Morozov, Penza State University of architecture and construction
(Penza, Russia)

- © A.A. Parmenov, Penza State University (Penza, Russia)
© O.A. Martynova, Penza State University (Penza, Russia)

Рассматриваются вопросы использования информационных технологий в профессиональной психофизической и интеллектуальной подготовке студентов технических вузов. Освещаются проблемы формирования профессионально значимых психофизических качеств у студентов и использованием современных компьютерных технологий в учебном процессе по курсу физического воспитания. Приводится описание некоторых приборов, предназначенных для диагностики психофизиологических и физических характеристик здоровья.

Ключевые слова: диагностика, инновационные технологии, компьютеризация, комплексная оценка, профессиональная мотивация, психофизическая подготовка, системный подход, рефлексия.

Discusses the use of information technology in professional and intellectual preparation of psychophysical students technical colleges. Problems of formation of professionally significant mental qualities among students and the use of modern computer technologies in educational process at the rate of physical education. Provides feature some devices intended for diagnostics of psycho-physiological and physical characteristics of health.

Key words: diagnosis, innovative technologies, computerization, integrated assessment, professional motivation, psychophysical training, systematic approach, reflection.

В настоящее время ведется много исследований, решающих проблему компьютеризации в вузе. В большей мере они связаны с вопросами образования: педагогические условия использования компьютеров в обучении, методические подходы, отражающие общие проблемы использования компьютеров в образовании. Но намного меньше работ, как отмечают в своей монографии Л.Ф. Колокатова и Т.А. Петухова [6, с. 18], связанных с применением компьютеров в физическом воспитании в вузах и очень мало работ, отражающих проблемы использования биоинформационных технологий.

Авторы монографии [6, с. 19] подчеркивают, что компьютер признается самым мощным средством, которое когда-либо получал преподаватель, поскольку:

- во-первых, значительно увеличил возможности показа учебной информации, и по своим задачам не уступает СМИ;
- во-вторых, повышает желание учиться, и возможность регулирования учебных задач по трудности. Компьютер позволяет исключить отрицательное отношение к учебе;
- в-третьих, активно привлекать студентов к учебе. В отличие от программированного обучения, компьютер сам управляет студентами;
- в-четвертых, намного расширяет спектр учебных задач;
- в-пятых, способствует формированию у студентов желание самостоятельно работать.

Важнейшим условием решения вопроса системной оценки личности в плане физического воспитания является использование информационных технологий в вузе. Проблеме исследования эффективности новых информационных технологий в профессиональной подготовке студентов вузов посвящено немало работ. Общую характеристику состояния использования ИТ на факультетах физической культуры дал Ю.Д. Железняк [4], обращая внимание на новую тенденцию перехода от привычного информационного обеспечения к ИТ.

В последние годы появилось немало работ, в которых показана роль информационных технологий в профессиональной подготовке студентов в физическом воспитании. П.К. Петров [8] в 2003 году на основе многолетней экспериментальной работы определил направления применения информационных технологий в физической культуре: применение программ контроля по ряду дисциплин, медиасистем, баз данных, организации соревнований, автоматизированные системы психо-и функциональных диагностик.

В.Ю. Волков [2] представил общие направления исследования ИТ в обеспечении занятий по физкультуре. А.И. Федоров [9] создал направления использования ИТ в спорте, профобразовании, в физвоспитании.

На международной научно-практической конференции, проходившей в Туапсе в сентябре 2006 года, обращалось внимание на возрастающую роль применения компьютеров в физическом воспитании. В Краснодарском университете были созданы базы данных для изучения уровня физической подготовки, функциональных возможностей. В Волгоградском медицинском университете компьютерные технологии части используют в учебном процессе и в секциях по физическому воспитанию. На кафедре физического воспитания, лечебной физической культуры и врачебного контроля вместе с вычислительным центром создана компьютерная программа, оценивающая функциональное состояние и физическую подготовленность студентов.

Благодаря использованию компьютеров, имеются широкие возможности в системе проведения отбора по профессии. В качестве такой системы может использоваться КСПО «Высокая проба». Исследование с помощью этой системы занимает мало времени и надежно в массовом применении [5]. В Московском государственном строительном университете на кафедре физического воспитания используются новейшие компьютерные системы. Аппаратно-программный комплекс «АМСАТ» предназначен для клинко-физиологической диагностики функционального состояния организма человека на основе топической экспресс-оценки текущих электрических характеристик рефлексогенных биологически активных зон кожи.

Л.Ф. Колокатова и Т.А. Петухова констатируют: «... применение компьютерной техники в различных сферах образования, техники, физвоспитания и спорта идет очень активно. Если раньше в ряде вузов компьютерные программы применялись только для контроля физического развития, контроля теоретических знаний студентов, то сейчас их применяют в системной профессиональной подготовке высококвалифицированных специалистов» [6, с. 28].

В целях создания региональных и федеральных баз данных уровня физической готовности различных групп обучающихся имеются мониторинговые исследования, базирующиеся на современных ИТ.

Как считает В.К. Бальсевич, физические тренировки спортсменов должны строиться на сбалансированной системе восстановительных, психотерапевтических мероприятиях, для этого необходимы ИТ [1, с. 56].

В настоящее время для избирательного исследования организма применяются следующие диагностические технологии:

- методики регистрации электрических и электромагнитных характеристик органов, тканей;
- эндоскопические методики с использованием оптических устройств для осмотра органов и тканей;

Рентгеновское, ультразвуковое обследование, ядерно-магнитный резонанс и иные методы применяются с целью получения изображения органов и тканей.

Однако, как подчеркивают Л.Ф. Колокатова и Т.А. Петухова, эти методики имеют общий недостаток: они оценивают состояние конкретного органа или системы организма, упуская главное – системный компонент, и рекомендуют для диагностики психофизиологических характеристик здоровья следующие приборы [6, с. 29].

1. Программно-аппаратный комплекс экспресс-мониторинга психофизиологического состояния человека предназначен для проверки целостной диагностики по параметрам гармонии/дисгармонии биоритмов, снимаемых сердечнососудистой системой. Диагностика создана на основе новой методики учета динамики сложных систем, обладающих значительным набором собственных частот. Использование аппарата помогает в режиме реального времени делать мониторинг работоспособности пользователя.

2. «НС-ПсихоТест». Этот прибор предназначен для психофизиологического тестирования. Он определяет статусные и функциональные характеристики ЦНС по итогам психофизиологического тестирования.

3. Электрографический метод – регистрация и анализ биоэлектрических процессов человека и животных – имеет широкое использование в клинической практике, физиологическом эксперименте, космической медицине, исследованиях по физиологии труда и спорта. Применение метода позволяет получить полезную информацию о нормальной или патологической деятельности тканей, органов и систем. Кардиологические исследования проводятся путем глубокого анализа электрической активности сердца больного. Ценные диагностические данные дают исследования электрической активности мозга и мышц. Большому применению электрографического метода способствовали достижения электроники в последние годы.

4. Аппартно-программный комплекс INTA-fleet-test (ускоренный тест), может быстрее оценить функциональное состояние основных систем организма. Он основан на измерении параметров электропроводимости разных участков тела. Выделение параметров осуществляется по 30 отведениям, каждое из которых характеризует состояние определенной части организма. Минимальное время сканирования по отведениям 0,5 с. Значит, через 15 с. врач получает информацию об электрической активности основных систем организма пациента. Этот метод, позволяющий врачам лечить не просто болезнь, а больного со всеми его особенностями, используется в медицинском центре НПО «Дельфи».

Для контроля и управления лечебным процессом, комплекс INTA-fleet-test был совмещен с прибором для эндогенной биорезонансной терапии (БРТ) INTA-biogecom. В основе эндогенной БРТ лежит принцип воздействия резонирующими устройствами на меридиональную сеть человеческого организма. Медицинским центром на базе «Дельфи» было обследовано 5000 пациентов с применением указанного комплекса приборов. Был сделан вывод о возможности использования метода fleet-test для индивидуального подбора режимов эндогенной БРТ. Комплекс может проводить мониторинг процесса лечебного сеанса путем периодических коротких серий измерений динамики хода лечения, это важно для подбора соответствующей программы БРТ.

Таким образом, эта лечебно-диагностическая система максимально индивидуализирует терапевтическое воздействие, следовательно, можно сделать вывод: этот метод один из оптимально управляемых вариантов лечения.

5. Фазоаурометр – применяется для медицинских исследований, связанных с дистанционной регистрацией электромагнитного поля человека в диапазоне частот 0,5–15 кГц с частотным разложением принимаемого сигнала. Выходной сигнал фазоаурометра представляет собой интегральную характеристику фазового сдвига электромагнитной составляющей биологического поля на каждой частоте излучения, синхронизируемой с частотой опорного генератора. Измерения указали, что существует поверхность ровной фазы, которая

в норме у здорового человека представляет геометрию овала на расстоянии кожных покровов в пределах 50–75 см. Иную форму показывает фазовая поверхность у людей с патологией. Появляются деформации, соответствующие анатомо-топографическому расположению патологического процесса в органах, фиксируется общее уменьшение площади фазовой поверхности. Фазоаурограмма биоэлектромагнитного поля человека применима в целом для общего изучения топографической картины поля человека.

6. А.Г. Малыгин пишет о биофизических и биохимических основах магнитотерапии [7]. Представляет ряд механизмов первичного воздействия постоянных и переменных магнитных полей на биологические объекты. Под влиянием магнитных полей у макромолекул (ферменты, нуклеиновые кислоты и т.д.) происходит возникновение зарядов; изменяется их магнитная восприимчивость, и энергия макромолекул может превышать энергию теплового движения, поэтому магнитные поля поражают ориентационные и концентрационные изменения биологически активных макромолекул, что проявляется на кинематике биохимических реакций и времени биофизических процессов.

В системе первичного воздействия магнитных полей огромное значение придается ориентационной перестройке жидких кристаллов, которые составляют основу клеточной мембраны и многих внутриклеточных структур. Деформация жидкокристаллических структур (мембран, митохондрий и др.) под влиянием магнитных полей отражается на их проницаемости, имеющую важное значение в регуляции биохимических процессов и осуществлении ими биологических функций.

Одним из важных регуляторных механизмов в живых системах является активность ионов. Увеличение под воздействием магнитного поля ионной активности в тканях становится основой к стимуляции клеточного метаболизма. При влиянии на сосуды, магнитные поля ориентируют не только биологически активные макромолекулы, но и надмолекулярные и клеточные системы. Примером данной ориентации является выстраивание цепочек эритроцитов под воздействием магнитных полей. При уменьшении диаметра сосуда происходит ослабление магнитодинамического эффекта.

Необходимо обратить внимание на специфическое воздействие переменного и импульсного магнитного поля. В нем кроме диамагнитного и парамагнитного взаимодействия происходит взаимодействие с переменным электрическим полем, которое возникает при любом изменении магнитного поля. Так как в тканях имеются свободные заряды (ионы или электроны), то индуцированное электрическое поле вызовет их движение, то есть электрический ток, обладающий многообразием биологического воздействия.

Действие магнитного поля на нервную систему отличается изменением поведения организма, его условно-рефлекторной активности, физиологических и биологических проявлений. Это появляется за счет стимуляции хода торможения, что поясняет возникновение седативного характера и благоприятное воздействие магнитного поля на сон и эмоционально-чувственное напряжение личности. Особо выраженная реакция со стороны ЦНС проявляется в гипоталамусе. Поэтому, непродолжительные воздействия магнитными полями имеют не столь выраженный, как другие факторы, но благоприятное воздействие на организм. Л.Ф. Колокатова и Т.А. Петухова на основании анализа практических результатов, полученных ими в ходе использования вышеуказанных технических приборов и обобщения материалов спортивно-методической

литературы [6, с. 42], делают вывод, что современные информационные и технологические подходы с использованием специально подобранных средств в соответствии со спецификой профессии обеспечивают возможность для эффективного обучения и позволяют:

– обеспечить учебный процесс в вузах на должном уровне, со значительной экономией материальных средств;

– обеспечить условия для формирования у студентов программно-детерминированных условий, создающих должный уровень и структуру профессионально значимых психических, и физиологически обоснованных характеристик;

– эффективно последовательно осуществлять функциональную и психофизическую подготовку в соответствии с разработанной в каждом вузе программой.

Вопросы психофизической подготовки студентов технических вузов как основного компонента их будущей профессиональной деятельности требует дальнейших серьезных исследований.

Список литературы

1. Бальсевич В.К. *От высоких информационных технологий – к спортивным победам // Теория и практика физической культуры. 2000. № 10.*
2. Волков В.Ю. *Компьютерные технологии в образовательном процессе по физическому воспитанию в вузе. Дис... д-ра пед. наук. СПб, 1997. 323 с.*
3. Волков С.Н., Жарова О.С. *Концептуальная сущность информатологии сознания (символогический аспект) // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 23. С. 18-21.*
4. Железняк Ю.Д. *Основы научно-методической деятельности в физической культуре и спорте. М., 2001., 262 с.*
5. Каравашкина О.В. *Профессионально-прикладная физическая подготовка в вузах строительного профиля. М., 2000. 146 с.*
6. Колокатова Л.Ф., Петухова Т.А. *Информационные технологии в психофизической подготовке студентов технических вузов. Пенза: ПГУАС, 2007. 256 с.*
7. Малыгин А.Г. *Аппараты нового поколения для локального теплечения. Рязань, 2001.*
8. Петров Л.К. *теоретические и методические основы подготовки специалистов физической культуры и спорта с использованием современных информационных и коммуникационных технологий. М., Ижевск, 2003. 447 с.*
9. Федоров А.И. *Методологические аспекты информатизации высшего физкультурного образования: Учебное пособие. Челябинск, 2001. 248 с.*

АЛГОРИТМЫ, УСТРОЙСТВА И ЭЛЕМЕНТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

УДК 621.316.72: 681.2-5
ББК 34

ВРЕМЯИМПУЛЬСНЫЙ ГИПЕРБОЛИЧЕСКИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

- © *В.А. Чулков, Пензенский государственный технологический университет
(г. Пенза, Россия)*
- © *Н.А. Сержантова, Пензенский государственный технологический
университет (г. Пенза, Россия)*
- © *М.А. Сидорова, Пензенский государственный технологический
университет (г. Пенза, Россия)*

THE TIME-PULSE HYPERBOLIC FUNCTIONAL CONVERTER

- © *V.A. Chulkov, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *N.A. Sergeantova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
- © *M.A. Sidorova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

Предложена схема времяимпульсного функционального преобразователя для выполнения нелинейных арифметических операций над аналоговыми величинами. Принцип действия преобразователя основан на генерировании экспоненциального напряжения, образовании промежуточного интервала времени как функции входного напряжения и использовании этого интервала при обратном преобразовании в напряжение. За счет отказа от обычного для времяимпульсных устройств усреднения импульсной последовательности схема осуществляет преобразование в течение одного – двух тактов.

Ключевые слова: функциональное преобразование, опорное колебание, аналоговое запоминающее устройство, гиперболический преобразователь, времяимпульсный, генератор.

The circuit of pulse-time functional converter for performance of nonlinear arithmetic operations with analogue quantity is offered. The converter operation principle is based on exponential voltage formation, subsequent formation an intermediate time interval as function of input voltage and this interval using for return transformation to voltage. Due to refusal of the pulse sequence averaging, usual for pulse-time devices, the scheme carries out transformation during one – two clocks.

Key words: functional transformation, the reference oscillation, an analog storage device, the hyperbolic converter, time-pulse, oscillator

В последнее время для обработки биоэлектрических сигналов все более широкое применение получают микропроцессорные средства, требующие прямого и обратного аналого-цифрового преобразования. Особенностью полученных от живого организма сигналов является их слабая интенсивность, низкочастотный спектр (до 10 кГц) и шумовой фон, часто превосходящий уровень сигнала. Воспроизведение таких сигналов представляет собой сложную задачу, которая решается аналоговыми устройствами [1]. Очень часто воспроизведенные усиленные и отфильтрованные сигналы нуждаются в дополнительном функциональном преобразовании и проведении первичной математической обработки аналоговыми средствами. Иногда, например, при осуществлении

«биологической обратной связи» в медицинской робототехнике после аналогового преобразования отпадает необходимость перехода к цифровым методам обработки сигнала.

Функциональное преобразование аналоговых величин осуществляется двумя основными способами: параметрическим с использованием нелинейных свойств полупроводниковых приборов; времяимпульсным с усреднением последовательности импульсов. Второй способ [2,3] обладает высокой точностью, однако даже при обработке медленно изменяющихся аргументов, подобных биоэлектрическим сигналам, не обеспечивает достаточного быстродействия.

В настоящем сообщении предлагается времяимпульсный функциональный преобразователь, не требующий инерционного усреднения импульсной последовательности. В таком преобразователе формируется нелинейная функция времени в виде напряжения специальной формы, воспроизводящего функцию времени, и фиксируется точка этого процесса, соответствующая значению аргумента. В зависимости от того, по какой из координат графика функции задается значение аргумента, реализуется либо прямая, либо обратная функциональная зависимость. Отметим, что подобный подход уже известен [4, 5], однако требует дополнительного исследования с ориентацией на современную элементную базу.

Принцип функционального преобразования иллюстрируется структурными схемами, представленными на рис. 1. В каждую схему входят тактовый генератор (G), синхронно запускающий генератор функции ($F(t)$) и генератор линейно-нарастающего напряжения (Kt), компаратор и аналоговое запоминающее устройство (АЗУ). В схеме прямого преобразования (а) компаратор фиксирует момент достижения линейно-нарастающим напряжением уровня входного напряжения U_X , осуществляя таким образом его преобразование в интервал времени $t_X = U_X/K$. Компаратор вырабатывает импульс, по которому осуществляется запись мгновенного значения напряжения генератора функции, которое равно $U_Y^* = F(U_X)$. В схеме обратного преобразования (б) фиксируется интервал, по истечении которого напряжение функционального генератора сравнивается с напряжением-аргументом U_X , записанное в УВХ напряжение ГЛИН пропорционально этому интервалу, следовательно, $U_Y^* = F^{-1}(U_X)$. Разумеется, для исключения неоднозначности такой подход во второй схеме приемлем лишь для случаев монотонной функции $Y = F(X)$.

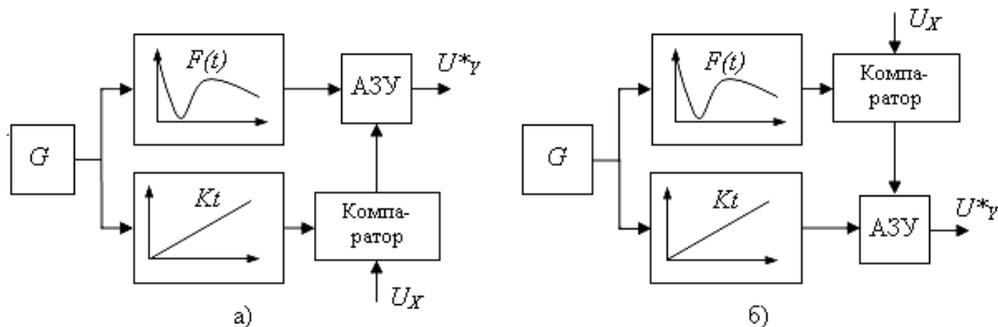


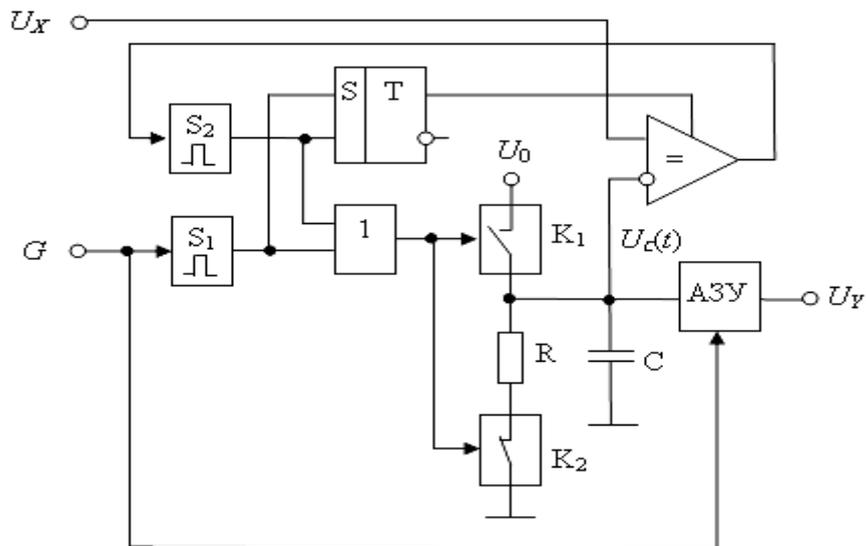
Рисунок 1 – Структуры времяимпульсного функционального преобразователя:
 а – прямое преобразование $Y = F(X)$, б – обратное преобразование $Y = F^{-1}(X)$

Что касается тактовой частоты работы подобных устройств, то она выбирается в соответствии с теоремой дискретизации, и должна быть не меньше удвоенной верхней частоты спектра входного напряжения, частота 20 кГц вполне удовлетворяет случаю биоэлектрических сигналов.

В описываемой ниже схеме функционального преобразователя используется и прямое и обратное преобразование, в качестве опорной функции выбрана экспонента, естественным образом формирующаяся в процессе разряда конденсатора через резистор. Устройство, схема которого показана на рис. 2, осуществляет гиперболическое преобразование, которое необходимо для выполнения нелинейных арифметических операций – умножения, деления, возведения в степень, а также может оказаться полезным при оценке мгновенной частоты последовательности сигналов.

Схема преобразователя состоит из параллельной RC-цепи (R, C), снабженной ключами K_1 и K_2 , которые замыкают контуры заряда и разряда конденсатора, а также АЗУ и компаратора, работа которого разрешается сигналом на его входе управления. Кроме того, в состав схемы введены несколько цифровых элементов, которые задают порядок действия устройства.

Работа преобразователя, иллюстрируемая временными диаграммами сигналов (рисунок 2), происходит по тактам, задаваемым короткими импульсами генератора G и равным их периоду T_0 . Каждый импульс, поступая на управляющий вход АЗУ, осуществляет запись в него мгновенного значения напряжения на конденсаторе $U_C(t)$, по его окончании запускается формирователь импульса S_1 , который взводит триггер, разрешающий работу компаратора. Через вентиль ИЛИ импульс формирователя замыкает нормально-разомкнутый ключ K_1 и размыкает нормально-замкнутый ключ K_2 , что обеспечивает заряд конденсатора до уровня опорного напряжения U_0 .



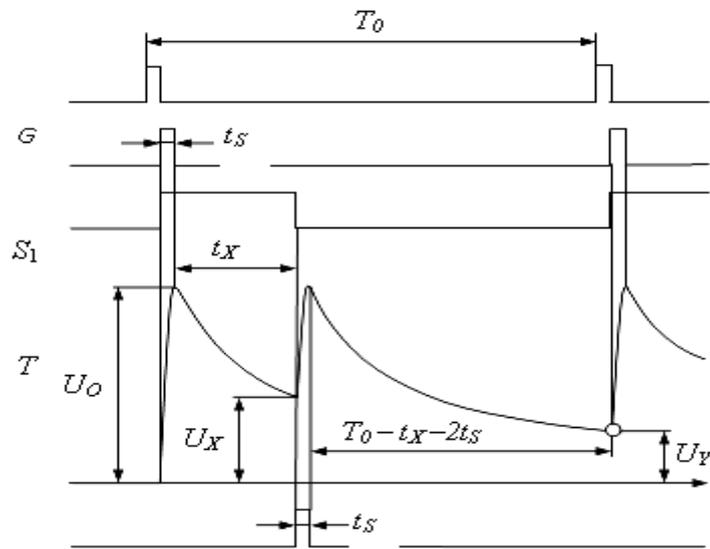


Рисунок 2 – Гиперболический функциональный преобразователь

По окончании импульса формирователя S_1 ключ K_1 размыкается, а ключ K_2 замыкается, что инициирует экспоненциальный разряд конденсатора через резистор R :

$$U_Y(t) = U_0 e^{-\frac{t-t_s}{\tau}}, \quad (1)$$

где $\tau = RC$. В момент $t = t_x$, когда напряжение на конденсаторе сравняется с уровнем входного напряжения U_x , переключается компаратор, импульс с выхода которого через формирователь импульса S_2 и вентиль ИЛИ обеспечивает повторный заряд конденсатора до уровня опорного напряжения U_0 и одновременно сбрасывает триггер. Сброс триггера в свою очередь запрещает работу компаратора. Из (1) следует, что протяженность участка разряда до момента срабатывания компаратора равна

$$t_x = \tau \ln \left(\frac{U_0}{U_x} \right). \quad (2)$$

После окончания импульса S_2 конденсатор опять начинает разряжаться через резистор R , процесс продолжается до окончания периода опорных импульсов T_0 . Продолжительность участка повторного разряда равна опорному периоду за вычетом протяженности первого участка разряда и длительностей импульсов формирователей S_1 и S_2 . По окончании данного такта работы в момент поступления следующего тактового импульса происходит запись в АЗУ значения напряжения на конденсаторе, которое к этому времени оказывается равным

$$U_Y = U_0 e^{-(T_0 - t_x - 2t_s)/\tau} = U_0 e^{-(T_0 - 2t_s)/\tau} \cdot e^{t_x/\tau}. \quad (3)$$

Подстановка значения t_x из (2) дает

$$U_Y = K_U / U_x, \quad (4)$$

где $K_U = U_0^2 e^{-(T_0 - 2t_s)/\tau}$. Это напряжение записывается и сохраняется в течение такта в АЗУ в качестве результата преобразования.

Для обычного в практике аналоговых преобразований декадного диапазона изменения переменных 1:10 значение K_U должно быть равным 10, для этого необходимо выбрать постоянную времени RC-цепи равной

$$\tau = \frac{T_0 - 2t_s}{\ln(U_0^2/K_U)} \quad (5)$$

Если принять $U_0 = 10\text{В}$, то постоянная времени должна быть равной $\tau = (T_0 - 2t_s) / \ln 10$.

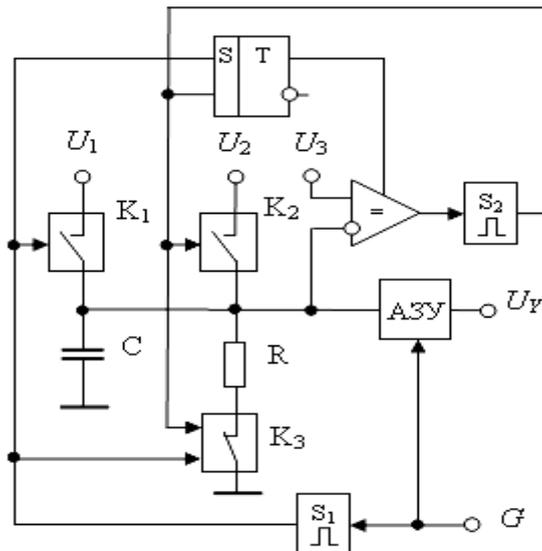


Рисунок 3 – Устройство для умножения

Чтобы реализовать данным способом операции умножения и деления можно предусмотреть два играющих роль аргументов опорных напряжения U_{01} и U_{02} , до которых производится заряд конденсатора (рисунок 3). Устройство работает в следующем порядке. Тактовый импульс малой длительности генератора G производит запись мгновенного значения напряжения на конденсаторе C, по окончании этого импульса формирователь S_1 вырабатывает импульс длительностью t_s , который взводит триггер, замыкает ключ K_1 и размыкает ключ K_3 . Конденсатор C через ключ K_1 быстро заряжается до уровня опорного напряжения U_{01} , а триггер переводит компаратор в режим сравнения. По окончании импульса формирователя конденсатор начинает разряжаться через вернувшийся в замкнутое состояние ключ K_3 и резистор R

$$U_C(t) = U_{01} e^{-\frac{t-t_s}{\tau}}, \quad (6)$$

напряжение на котором достигнет уровня U_{02} , с которым производит сравнение компаратор, через время

$$t_X = \tau \ln(U_{01}/U_{02}). \quad (7)$$

В этот момент запустится второй формирователь S_1 , импульс с его выхода длительностью t_s сбрасывает триггер и с помощью ключей K_2, K_3 производит заряд конденсатора до уровня опорного напряжения U_{02} . После окончания импульса второго формирователя начинается разряд C:

$$U_C(t) = U_{O2} e^{-\frac{t-t_X-2t_S}{\tau}} \quad (6)$$

Процесс разряда завершается в момент поступления следующего тактового импульса $t = T_O$, когда напряжение на конденсаторе становится равным

$$U_Y = K_U^* \frac{U_{O1} U_{O2}}{U_{O2}} \quad (7)$$

где $K_U = e^{-(T_O-2t_S)/\tau}$. Это напряжение запоминается в АЗУ, где сохраняется в течение следующего тактового периода.

Нормальная работа устройства требует выполнения условия $U_{O1} \geq U_{O2}$, в случае, когда устройство используется для деления напряжений, это условие становится несущественным. Если принять обычные для аналоговой техники меры по компенсации нестабильностей входных токов и смещения нуля компаратора, то основным источником погрешностей будет апертурное время АЗУ, которое должно быть много меньшим тактового периода.

Список литературы

1. Корневский Н.А. Узлы и элементы биотехнических систем: учебник / Н.А. Корневский, Е.П. Попечителей. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 448 с.
2. Смолон В.Б., Угрюмов Е.П. Время-импульсные вычислительные устройства. М.: Радио и связь. – 1992. – 288 с.
3. Герасимов И.В., Гришков А.В., Ро Ю.И., Угрюмов Е.П. Время-импульсный функциональный преобразователь. Авт. свид. СССР № 1236512, М. кл. G06g 7/26, Заявка № 3810372/24-24, 30.10.1984, опубли. 07.06.1986, бюл. № 21.
4. Новиков А. И. Экспоненциальные время-импульсные преобразователи / Автоматика и телемеханика. – 1957. – Том 18, вып. 8. – С. 749–755.
5. Чулков В.А., Глыбовский А.Д. Вычислительное устройство для умножения, деления, возведения в квадрат и извлечения квадратного корня. Авт. свид. СССР № 419905, М. кл. G06g 7/12, Заявка № 1771933/18-24, 11.04.1972, опубли. 15.03.1974, бюл. № 10.

УДК 519.718
ББК 30

НАДЕЖНОСТЬ СХЕМ, РЕАЛИЗУЮЩИХ БУЛЕВЫ ФУНКЦИИ¹

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

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

RELIABILITY OF THE DIAGRAMS IMPLEMENTING BOOLEAN FUNCTIONS

© Y.S. Gusynina, Penza State Technological University (Penza, Russia)

© T.A. Shornikova, Penza State Technological University (Penza, Russia)

Эта статья посвящается задачам, где в качестве основного параметра выступает надежность и требуется оценить максимальную надежность схем из ненадежных элементов, разработать методы синтеза асимптотически оптимальных по надежности схем и оценить их сложность. К настоящему времени получено много результатов при решении этой задачи в различных классах управляющих систем и при различных неисправностях. Их обзор приводится в этой статье.

Ключевые слова: булева функция, надежность схемы, инверсная неисправность, отказ элемента.

This article is dedicated to the task, where the main parameter is the reliability and is required to estimate the maximum reliability of schemes consisting of unreliable elements and to develop methods of synthesis of asymptotically optimal on reliability circuits and to evaluate their complexity. To date, many results obtained in solving this problem in various classes of control systems and with different faults. Their overview is given in this article.

Key words: Boolean function, reliability, inverse fault, the failure of an element.

E-mail: gusynina@mail.ru, shornikovat@mail.ru.

Традиционно в теории управляющих систем главным параметром считалась сложность, и основные постановки задач сводились к тому, чтобы оценить надежностные характеристики схем достижимые без асимптотического увеличения их сложности.

Схемы из функциональных элементов. Пусть $n \in \mathbb{N}$, а P_2 – множество всех булевых функций. Рассмотрим реализацию функций из P_2 схемами из ненадежных функциональных элементов в полном конечном базисе $B = \{e_1, \dots, e_q\}$ ($q \geq 1$).

Пусть $f(x_1, \dots, x_n)$ – произвольная булева функция. Обозначим $\tilde{x}^n = (x_1, \dots, x_n)$. Считаем [1,2], что схема S из ненадежных функциональных элементов реализует функцию $f(\tilde{x}^n)$, если она реализует эту функцию при отсутствии неисправностей в схеме. Предполагается, что неисправности элементов произвольные и статистически независимые, т.е. элементы схемы (или их входы/выходы) переходят в неисправные состояния независимо друг от друга.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 17-01-00451.

Наиболее часто рассматриваются инверсные или константные неисправности на входах и/или выходах элементов. Их определения также можно найти в [1].

Ненадежность $P(S)$ схемы S , реализующей $f(\tilde{x}^n)$, определяется как максимальное из чисел $P_{f(\tilde{a}^n) \neq \tau}(S, \tilde{a}^n)$ при всевозможных входных наборах \tilde{a}^n схемы S , т.е.

$$P(S) = \max_{\tilde{a}^n} P_{f(\tilde{a}^n) \neq \tau}(S, \tilde{a}^n), \quad (1)$$

где $P_{f(\tilde{a}^n) \neq \tau}(S, \tilde{a}^n)$ – вероятность появления значения, отличного от τ , на выходе схемы S при входном наборе \tilde{a}^n .

Надежность схемы равна $1 - P(S)$.

Обозначим $P_\varepsilon(f) = \inf P(S)$, где S – схема из ненадежных элементов, реализующая булеву функцию $f(\tilde{x}^n)$.

Схему A из ненадежных элементов, реализующую булеву функцию $f(\tilde{x})$, будем называть асимптотически оптимальной (асимптотически наилучшей) по надежности, если $P(A) \sim P_\varepsilon(f)$ при $\varepsilon \rightarrow 0$.

Обозначим через B_i множество всех булевых функций, зависящих не более чем от i ($i \in N$) переменных.

1 Однотипные константные неисправности на выходах элементов.

1) Во всех неприводимых полных базисах в B_2 построены надежные схемы, которые в большинстве случаев (исключая один базис) оказались асимптотически оптимальными по надежности для почти всех функций [3].

2) В базисе $\{x_1 \& \dots \& x_m, x_1 \vee \dots \vee x_m, \bar{x}_1\}$ построены асимптотически оптимальные по надежности схемы.

3) В некоторых полных базисах в B_3 построены асимптотически оптимальные по надежности схемы для почти всех функций.

4) В произвольном полном конечном базисе построены надежные схемы [4].

2 Инверсные неисправности на входах элементов.

1) Во всех полных базисах в B_2 построены надежные схемы, которые в большинстве случаев оказались асимптотически оптимальными по надежности [4].

2) В базисе $\{x_1 \& \dots \& x_m, x_1 \vee \dots \vee x_m, \bar{x}_1\}$ построены асимптотически оптимальные по надежности схемы.

3) В произвольном полном конечном базисе построены надежные схемы (М.А. Алехина, Ю.С. Гусынина, Т.А. Шорникова, 2017).

3 Инверсные неисправности на выходах элементов

1) В базисах $\{x_1 | x_2\}$ и $\{x_1 \downarrow x_2\}$ построены асимптотически оптимальные по надежности схемы.

2) Во всех полных неприводимых базисах в B_2 построены надежные схемы [5].

3) В произвольном полном конечном базисе построены надежные схемы, а также найдены базисы специального вида, в которых верхние оценки ненадежности схем лучше, чем в произвольном полном конечном базисе.

4) Во всех полных базисах в B_3 построены асимптотически оптимальные по надежности схемы для почти всех функций.

5) Выявлены необходимые и достаточные условия на полные базисы, коэффициент ненадежности которых максимален и равен 5.

6) Расширено множество функций, при наличии которых в полном базисе этот базис имеет минимальный коэффициент ненадежности, равный 1.

4 Неисправности на входах и выходах элементов

1) При инверсных (константных) неисправностях на входах и выходах с одинаковой вероятностью ε в некоторых полных базисах построены асимптотически оптимальные по надежности схемы.

2) При константных неисправностях двух видов на входах и (или) выходах с различными вероятностями в базисах $\{x \& y\}, \{x \vee y\}$ построены схемы, для которых верхние и нижние оценки ненадежности асимптотически равны.

3) При неисправностях четырех видов: типа 0 и 1 на входах и выходах с различными вероятностями в базисах $\{x \& y\}, \{x \vee y\}$ построены схемы, для которых верхние и нижние оценки ненадежности асимптотически равны.

4) В базисах $\{x \& y\}, \{x \vee y\}$ при неймановских неисправностях построены схемы, для которых верхние и нижние оценки ненадежности асимптотически равны.

5) При различных слипаниях входов базисных элементов в некоторых базисах построены надежные схемы.

5 Инверсные неисправности и отказы функциональных элементов

В базисе $\{x \& y\}$ построены асимптотически оптимальные по надежности схемы в предположении, что: 1) все элементы схемы независимо друг от друга переходят в неисправные состояния двух типов: инверсные неисправности на выходах и появление неопределенности $*$ ($* \notin \{0,1\}$); 2) в каждый такт работы элемент подвержен либо только инверсной неисправности на выходе, либо только появлению неопределенности $*$ на выходе, причем при появлении на выходе какого-либо элемента схемы неопределенности она (схема) продолжает работать.

Список литературы

1. Алехина М.А. Синтез и сложность надёжных схем из ненадёжных элементов // Математические вопросы кибернетики. – 2002. – №11. – С. 193–218.
2. Алехина М.А., Заваровский К.Ю., Спиридонов Н.С. О числе функций, используемых для повышения надёжности схем // Труды международного симпозиума «Надёжность и качество». – 2008. – Т.1. – С. 363-364.
3. Алехина М.А. О надежности схем в произвольном полном конечном базисе при одностипных константных неисправностях на выходах элементов //

- Дискретная математика.* – М.: Физматлит, 2012. – Т. 24, вып. 3. – С. 17–24.
4. Алехина М.А., Чугунова В.В. Об асимптотически наилучших по надежности схемах в базисе $\{\&, \vee, \bar{\quad}\}$ при инверсных неисправностях на входах элементов // *Дискретный анализ и исследование операций.* – 2006. – Сер. 1. – Т. 13, № 4. – С. 3–17.
 5. Алехина М.А., Шилов А.В. Верхние оценки ненадежности схем в некоторых базисах при инверсных неисправностях на выходах элементов // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки.* – 2006. № 5. – С. 4–6.

УДК 519.718
ББК 22.1

**НАДЕЖНОСТЬ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ДВУХ МОДЕЛЯХ:
КЛЕТОЧНЫЕ СХЕМЫ И НЕВЕТВЯЩИЕСЯ ПРОГРАММЫ**
© С.В. Колесникова, Пензенский государственный технологический
университет (г. Пенза Россия)

**THE RELIABILITY OF THE CALCULATIONS IN TWO MODELS:
CELL DIAGRAMS AND UNBRANCHED PROGRAM**
© S. V. Kolesnikova, Penza State Technological University (Penza, Russia)

В статье приводятся результаты о ненадежности клеточных схем и неветвящихся программ с оператором условной остановки. В клеточных схемах функциональные элементы ненадежны, подвержены инверсным неисправностям, а коммутационные элементы абсолютно надежны. В неветвящихся программах вычислительные операторы подвержены с вероятностью ε инверсным неисправностям на выходах, а для стоп-операторов рассмотрены два случая: 1) операторы условной остановки абсолютно надежны; 2) операторы условной остановки ненадежны.

Ключевые слова: клеточные схемы, функциональные и коммутационные элементы, синтез и сложность надежных клеточных схем.

The article presents the results concerning the unreliability of cell circuits and non-branching programs with a conditional stop operator. In cellular schemes of functional elements is unreliable, subject to inverse malfunctions, and the switching elements are absolutely reliable. In non-branching programs computing operators are affected with a probability of ε as inverse faults on the outputs, and to stop operators considered two cases: 1) operators conditional stop is absolutely reliable; 2) operators of conditional stay unreliable.

Key words: cellular circuits, functional and switching gates, synthesis and complexity of reliable cellular circuits.

E-mail: Kolesnikova.lana@inbox.ru

В результате обработки и передачи информации она искажается под воздействием различных помех, которые могут быть вызваны внешними источниками или же неисправностями устройств, осуществляющих эти преобразования. В последнем случае возникает необходимость контроля, диагностики и повышения надежности этих устройств. Оценки ненадежности клеточных схем и неветвящихся программ рассматриваются в данной статье.

Пусть $f(x_1, \dots, x_n)$ – произвольная булева функция. Обозначим $\tilde{x}^n = (x_1, \dots, x_n)$. Как и в [1-2], считаем, что схема S из ненадежных

функциональных элементов (неветвящаяся программа из ненадежных операторов) реализует функцию $f(\tilde{x}^n)$, если она реализует эту функцию при отсутствии неисправностей в схеме (неветвящейся программе). Предполагается, что неисправности элементов произвольные и статистически независимые, т.е. элементы схемы (или их входы/выходы) переходят в неисправные состояния независимо друг от друга.

1. Клеточные схемы, реализующие булевы функции

Рассматривается реализация булевых функций клеточными (плоскими) схемами из ненадежных функциональных (рис. 1 а, б, в) элементов (с вероятностью ε ($\varepsilon \in (0; 1/2)$) подверженных инверсным неисправностям) и абсолютно надежных коммутационных элементов (рис. 1 г, д, е).

При необходимости каждый из этих элементов можно повернуть на плоскости на угол $\frac{k\pi}{2}$ ($k = 0, 1, 2, 3$).

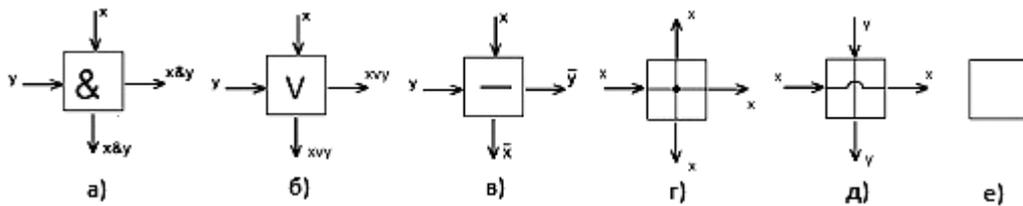


Рисунок 1 – Базисные элементы

Предполагается, что на любом из двух выходов каждого из ненадежных функциональных элементов с вероятностью ε ($\varepsilon \in (0; 1/2)$) независимым образом появляются инверсные неисправности [3,4].

Построены асимптотически оптимальные по надежности схемы для почти всех булевых функций и получены оценки сложности этих схем [7].

2. Неветвящиеся программы с оператором условной остановки

Рассмотрим неветвящиеся программы с оператором условной остановки, в которых вычислительные операторы подвержены с вероятностью ε инверсным неисправностям на выходах, а для стоп-операторов возможны два случая: 1) операторы условной остановки абсолютно надежны; 2) операторы условной остановки ненадежны, подвержены неисправностям первого и второго рода.

Обозначим через μ наибольшую из вероятностей ошибок операторов программы (как функциональных, так и стоп-операторов)

Ненадежность $N_\mu(\text{Pr}_f)$ программы Pr_f есть максимум из вероятностей ошибок на выходе программы Pr_f (максимум берется по всевозможным входным наборам). Надежность программы Pr_f равна $1 - N_\mu(\text{Pr}_f)$.

В каждом из двух названных случаев в кандидатской диссертации С.М. Грабовской построены надежные неветвящиеся программы с оператором условной остановки.

Замечание. Верхняя оценка ненадежности схем из функциональных элементов в аналогичном случае асимптотически в 5 раз больше. Это значит, что наличие оператора условной остановки существенно влияет на ненадежность программ.

Возникают вопросы о возможности снижения верхней оценки, а также о возможности построения неветвящихся программ не просто надежных, а сколь угодно высокой надежности при каких-то неисправностях в каком-либо полном базисе?

Ответы на эти вопросы также получены С.М. Грабовской в работах [5, 6] при однотипных константных неисправностях на выходах вычислительных операторов в различных предположениях о функционировании операторов остановки. В частности, доказано, что в базисе, содержащем обобщенную конъюнкцию, при абсолютно надежных операторах остановки любую функцию f можно реализовать неветвящейся программой сколь угодно высокой надежности, т.е. $N_{\mu}(Pr_f)$ стремится к нулю при достаточно большом числе итераций, причем вероятность неисправности μ ограничена константой, к нулю не стремится.

Список литературы

1. Алехина М.А. О надежности схем в произвольном полном конечном базисе при однотипных константных неисправностях на выходах элементов // *Дискретная математика*. 2012. Т. 24. № 3. С.17-24.
2. Алехина М.А., Грабовская С.М. О надежности неветвящихся программ в произвольном полном конечном базисе // *Известия высших учебных заведений. Математика*. 2012. № 2. С.13-22.
3. Алехина М.А., Захаровский К.Ю., Спиридонов Н.С. О числе функций, используемых для повышения надежности схем // *Труды международного симпозиума Надежность и качество*. 2008. Т. 1. С. 363-364.
4. Алехина М.А., Шилов А.В. Верхние оценки ненадежности схем в некоторых базисах при инверсных неисправностях на выходах элементов // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки*. 2006 г. № 5. С. 4–6.
5. Грабовская С. М. О надежности неветвящихся программ в базисах, содержащих обобщенную конъюнкцию // *Сборник статей Международной научно-технической конференции "Проблемы автоматизации и управления в технических системах – 2015, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне" (г. Пенза, 19–21 мая 2015 г.)* – Пенза: Изд-во ПГУ, 2015.
6. Грабовская С. М. О надежности неветвящихся программ в базисах, содержащих обобщенную дизъюнкцию // *Сборник статей XIX Международной научно-методической конференции «Университетское образование (МКУО-2015)», посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне, Том 1 (г. Пенза, 9–10 апреля 2015 г.)*. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2015.
7. Рыбаков А.В. Метод синтеза надежных клеточных схем с использованием функций выбора // *Известия высших учебных заведений. Физико-математические науки*. – № 2. – 2015 г. – С. 122–134.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

УДК 004.942
ББК 32

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОСПРИЯТИЯ ПИЛОТОМ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

- © *И.А. Прошин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *В.Н. Прошкин, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*
© *Э.А. Магомедова, Пензенский государственный технологический университет (г. Пенза, Россия)*

MODELING PERCEPTION BY THE PILOT OF THE SPATIAL MOVEMENT OF THE FLYING APPARATUS ON THE WATER SURFACE

- © *I.A Proshin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
© *V.N Proshkin, Penza State Technological University (Penza, Russia)*
© *E.A. Magomedova, Penza State Technological University (Penza, Russia)*

В статье описана обобщенная математическая модель восприятия пилотом пространственного движения летательного аппарата, обеспечивающая моделирование ощущений пилота, как по угловым, так и по линейным степеням свободы на единой основе. Приведены результаты моделирования колебаний летательного аппарата на поверхности воды. Определены зависимости времени задержки колебаний шарнирных звеньев подвижной платформы системы подвижности от угла направления ветра

Ключевые слова: моделирование, водная поверхность, летательный аппарат, градиент ускорения.

The article describes the generalized mathematical characteristics of the pilot aircraft, which provides modeling of the pilot's sensations, both in angular and linear degrees of freedom on a unified basis. Results of modeling of an aircraft on the water surface are presented. Determined loads on hinge units movable platforms.

Key words: modeling, water surface, aircraft, acceleration gradient.

За основу при моделировании пространственного движения летательного аппарата на поверхности воды принята обобщенная математическая модель (ММ) восприятия пилотом ощущения по линейным и угловым степеням свободы в виде модели третьего порядка

$$W(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{(b_2 s^2 + b_1 s + b_0) e^{-\tau s}}{s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0} = \frac{Ks(T_{11}s + 1)(T_{12}s + 1)e^{-\tau s}}{(T_1s + 1)(T_2s + 1)(T_3s + 1)}. \quad (1)$$

Здесь T_1, T_2, T_3 – эквивалентные постоянные времени характеристического полинома; T_{11}, T_{12} – постоянные времени оператора входного

воздействия; K – коэффициент передачи; τ –и время запаздывания.

Модель (1) зададим в пространстве состояний [1]

$$\begin{bmatrix} v_1^{(1)} \\ v_2^{(1)} \\ v_3^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a_2 & -a_1 & -a_0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \lambda_0 \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} y; \quad x = [0 \ 0 \ 1] \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Формулы для вычисления коэффициентов в матрице управления ММ (2) имеют следующий вид

$$\lambda_2 = b_2; \quad \lambda_1 = b_1 - \lambda_2 a_2; \quad \lambda_0 = b_0 - \lambda_1 a_2 - \lambda_2 a_1.$$

Состояние системы (2) задаётся переменными

$$v_3 = x; \quad v_2 = x^{(1)} - \lambda_2 y; \quad v_1 = x^{(2)} - \lambda_1 y.$$

Задание ММ восприятия перемещений пилотом (2) в пространстве производных перемещения x позволяет моделировать воздействия на пилота скорости и ускорения переменной x

$$x^{(1)} = v_2 + \lambda_2 y; \quad x^{(2)} = v_1 + \lambda_1 y. \quad (3)$$

Наличие в числителе модели (1) форсирующих звеньев учтём заданием уравнения выхода системы (2) в виде

$$x = [1 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} + \lambda_1 y; \quad x = [0 \ 1 \ 0] \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} + \lambda_2 y$$

Введём в (2) переключающие функции h_0, h_1, h_2 , определяющие вид модели, и представим математическую модель восприятия пилотом акселерационной информации так

$$\begin{bmatrix} v_1^{(1)} \\ v_2^{(1)} \\ v_3^{(1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a_2 & -a_1 & -a_0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \lambda_0 \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} y;$$

$$x = [h_2 \ h_1 \ h_0] \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} + [h_2 \ h_1 \ h_0] \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ 0 \end{bmatrix} y. \quad (4)$$

При отсутствии в модели (1) нулевых нулей переключающая функция $h_0 = 1$, а $h_2 = h_1 = 0$. Если модель (1) содержит один нулевой ноль, то $h_1 = 1$, а $h_2 = h_0 = 0$. Наличие в (1) двух нулевых нулей обуславливает следующие значения переключающих функций $h_2 = 1$, $h_1 = h_0 = 0$. Учёт времени запаздывания в реакции на акселерационные воздействия обеспечивается заданием управляемого временного сдвига на входе y в модели (4).

Исследования проводились для ММ отечественных и зарубежных авторов [2, 3]. Заслуживает внимание попытка ряда исследователей построить пространственную схему восприятия пилотом ускорений с учетом взаимовлияния

полукружных каналов (часть внутреннего уха человека, участвующая в регуляции равновесия и положения тела и головы в пространстве).

Сравнение моделей производилось тремя методами по: реакции на стоп-стимул; реакции на постоянное ускорение; логарифмической амплитудной характеристики; логарифмической фазовой частотной характеристики.

Экспериментальные данные по реакции человека на сигнал STOP-STIMULUS (вращательные движения сопровождаются возникновением углового ускорения, являющегося физиологическим раздражителем рецепторов полукружных протоков части внутреннего уха человека, т.е. вращение с постоянной скоростью, и затем мгновенная остановка) получены в результате проведения НИР. Результаты сопоставления времени реакции моделей на STOP-STIMULUS в диапазоне 1,0 град/с ... 60,0 град/с показаны на рисунке 1. Они характеризуют время адаптации пилота по ММ на сигнал STOP-STIMULUS.

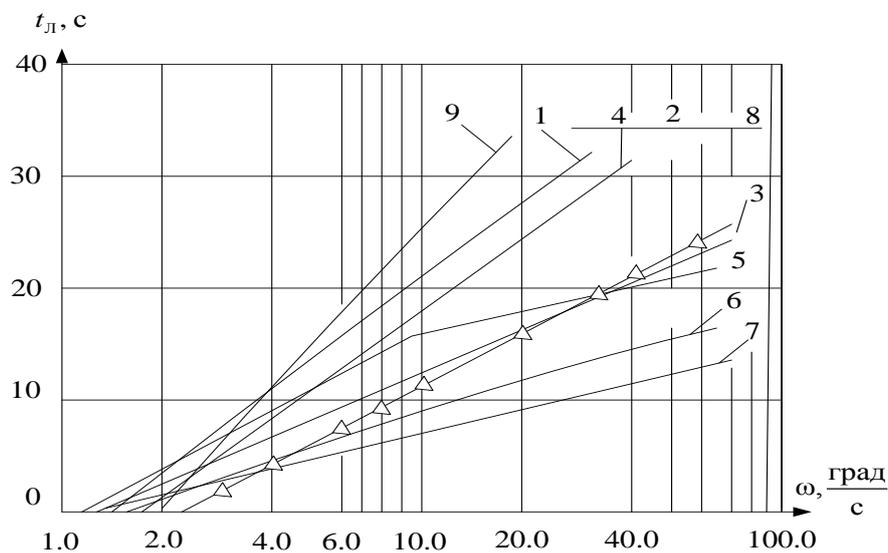


Рисунок 1 – Реакция вестибулярного аппарата на STOP-STIMULUS

Экспериментальные данные по реакции человека на постоянно действующее ускорение показаны на рисунке 2. Графики характеризуют скрытый период ощущения человека в диапазоне угловых ускорений 0,1 град/с² ... 20,0 град/с². Сравнение моделей производилось по величине среднеквадратичной ошибки.

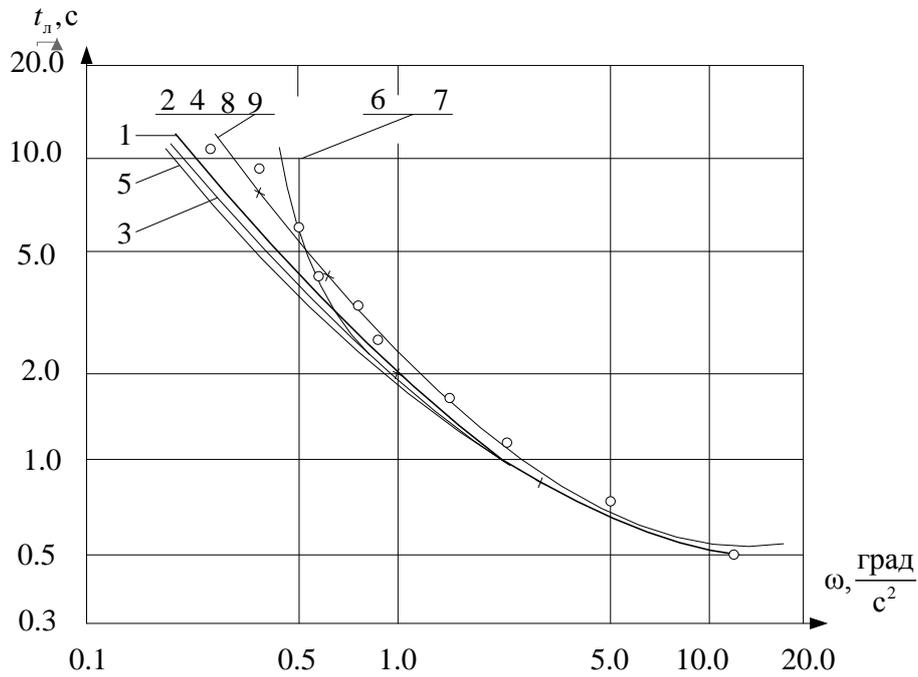


Рисунок 2 – Реакция вестибулярного аппарата на угловое ускорение

Логарифмическая амплитудная характеристика и логарифмическая фазо-частотная характеристики рассмотренных моделей показаны на рисунке 3.

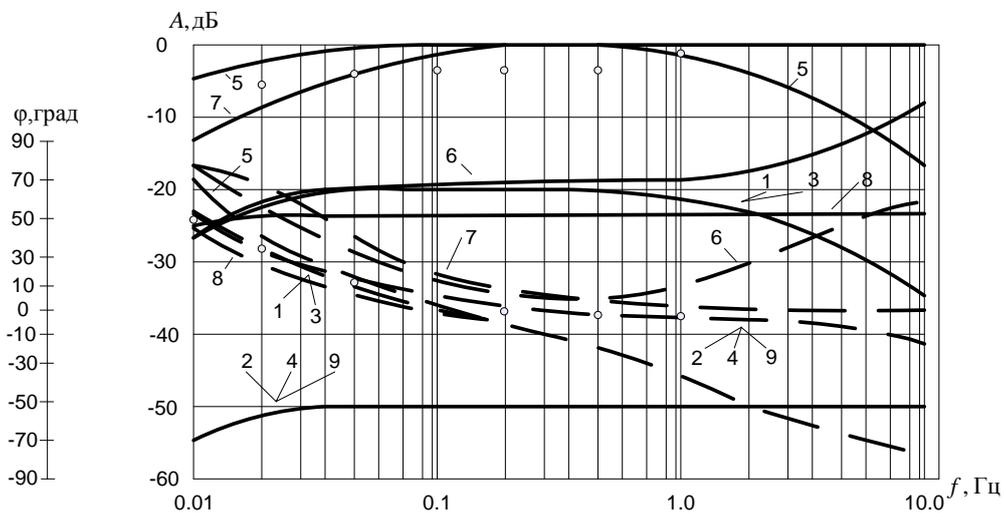


Рисунок 3 – Логарифмическая амплитудная характеристика и логарифмическая фазо-частотная характеристики вестибулярного аппарата по угловому перемещению

Обозначения на графиках соответствуют порядковому номеру модели в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Модели восприятия человеком акселерационной информации по угловым степеням свободы

№ п/п	Математическая модель функционирования полукружных каналов	Численные значения параметров	Тип канала	Порог чувствительности модели	Авторы
1	$W(p) = \frac{K_c}{p^2 + 2kp + \omega^2}$	$K_c = 1,0$ $\omega^2 = 1,0 \text{ c}^{-2}$ $2k = 10 \text{ c}^{-1}$	Горизонт-ый	$-0,15^0 \div 0,25^0$	Ж.Ж. Гроен
2	$W(p) = \frac{K_c}{(p + \tau_1)(p + \tau_2)}$	$K_c = 1,0$ $\tau_1 = 0,1 \text{ c}^{-1}$ $\tau_2 = 300 \text{ c}^{-1}$	Горизонт-ый	Не приводится	Дж.Р. Вент
3	$W(p) = \frac{K_c}{(p + \tau_1)(p + \tau_2)}$	$K_c = 1,0$ $\tau_1 = 10 \text{ c}^{-1}$ $\tau_2 = 0,17 \text{ c}^{-1}$	Горизонт-ый	Не приводится	Ж.Л. Мейри
4	$W(p) = \frac{K_c}{(T_1p + 1)(T_2p + 1)}$	$K_c = 1/20$ $T_1 = 10 \text{ c}$ $T_2 = 1/200 \text{ c}$	Горизонт-ый	Не приводится	Ж.Н. Милсум
5	$W(p) = \frac{K_c e^{-T_1 p}}{(p + \tau_2)(p + \tau_3)}$	$K_c = 9,8$ $T_1 = 0,3 \text{ c}$ $\tau_2 = 10 \text{ c}^{-1}$ $\tau_3 = 0,0625 \text{ c}^{-1}$	Горизонт-ый	$2,0^0$	Л.Р. Янг
6	$W(p) = \frac{(1 + T_L p) K_c T_A p}{(1 + T_1 p)(1 + T_2 p)(1 + T_A p)}$	$K_c = 0,7$ $T_1 = 5,7 \text{ c}$ $T_2 = 0,003 \text{ c}$ $T_A = 30 \div 80 \text{ c}$ $T_L = 0,013 \div 0,094 \text{ c}$	Горизонт-ый	Не приводится	Ж.М. Голдберг
7	$W_1(p) = \frac{p}{p + \tau_1}$ $W_2(p) = \frac{p^2}{(p + \tau_1)^2}$	$\tau_1 = 0,3 \text{ c}^{-1}$ $W_1(p)$ при $f < 0,5 \text{ Гц}$ $W_2(p)$ при $f > 0,5 \text{ Гц}$	Горизонт-ый	$-1,5 \div 3 \text{ } \frac{0}{\text{c}}$	А.Н. Базилевский
8	$W(p) = \frac{K\omega_0^2}{p^2 + 2\delta p + \omega_0^2}$	$K = 1,0$ $\omega_0^2 = 16 \text{ c}^{-2}$ $2\delta = 240 \text{ c}^{-1}$	Не приводится	Не приводится	В.Н. Крутько
9	$(p^2 + 2\delta p + \omega_0^2)\xi_{ij} + \sum_{j=1}^3 \lambda_{ij} p \xi_{ij} = p E_i$ $i = 1, 2, 3$	$2\delta = 340 \text{ c}^{-1}$ $\omega_0^2 = 34 \text{ c}^{-2}$ $\lambda_{11} = 0,$ $\lambda_{22} = 0,$ $\lambda_{33} = 0,$ $\lambda_{12} = -34,$ $\lambda_{13} = 82,$ $\lambda_{21} = 31,$ $\lambda_{23} = -50,$ $\lambda_{31} = 10,$ $\lambda_{32} = -10$	Горизонт-ый Фронтальный Сагиттальный	Не приводится	С.В. Петухов

Таблица 2 – Модели восприятия человеком акселерационной информации по линейным степеням свободы

№ п/п	Математическая модель отолитового аппарата	Численные значения параметров	Ориентация канала	Порог чувствительности модели	Авторы
1	$W(p) = \frac{K_C(p + \tau_1)}{(p + \tau_2)(p + \tau_3)}$	$K_C = 1,5$ $\tau_1 = 0,076 \text{ c}^{-1}$ $\tau_2 = 0,19 \text{ c}^{-1}$ $\tau_3 = 1,5 \text{ c}^{-1}$	Продольное движение	0,005 g	Л.Р. Янг
2	$W(p) = \frac{K_C p}{(p + \tau_1)(p + \tau_2)}$	K_C – неприводится $\tau_1 = 10 \text{ c}^{-1}$ $\tau_2 = 0,17 \text{ c}^{-1}$	Продольное движение		Ж.Л. Мейри
3	$W(p) = \frac{p}{(p + \tau_1)^2}$	$\tau_1 = 0,55 \text{ c}^{-1}$	Вертикальное движение	$0,25 \div 0,45 \frac{\text{м}}{\text{с}}$	А.Н. Базилевский
4	$W(p) = \frac{K(T_1 p + 1)}{(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}$	$K_C = 0,4$ $T_1 = 13,2 \text{ c}$ $T_2 = 5,33 \text{ c}$ $T_3 = 0,66 \text{ c}$	Для всех осей	$0,053 \frac{\text{Фуг}}{\text{с}^2}$	Захариас Дж.
5	$W(p) = \frac{K_M(1 + T_{AM}p)}{(1 + T_{AM}p)(1 + T_3p)} \cdot \frac{1 + T_Mp}{1 + T_4p}$	$K_M = 2,5$ $T_M = 2,4 \text{ c}$ $T_{AM} = 80 \text{ c}$ $T_3 = 0,6 \text{ c}$ $T_4 = 0,01 \text{ c}$	Продольное движение		Ж.М. Голдберг

Человек активно может вмешиваться в процесс управления с информацией по вестибулярному анализатору с частотами в диапазоне 0,8 ... 1,0 Гц. До этих частот сигнал ощущения совпадает примерно по фазе с сигналом скорости возмущения.

В диапазоне частот 0,01 ... 2,0 Гц модели обеспечивают хорошее совпадение с экспериментом. Смещение логарифмическими амплитудными характеристиками моделей по оси ординат объясняется различными коэффициентами усиления. Необходимо отметить, что полукружные каналы (полукружные каналы – три части внутреннего уха, участвующие в регуляции равновесия при движении и при изменении положения головы и тела в пространстве, за счет этого мозг получает сигналы, позволяющие определять движение тела в любом пространственном направлении) являются датчиками скорости только в области средних частот. Анализ ММ с различными характеристиками позволяет выбрать оптимальные параметры модели, с дальнейшим уточнением характеристик по результатам полетного эксперимента.

Аналогичные исследования на основе разработанной ММ проведены и для моделей восприятия ускорения пилотом по линейному вертикальному (0У) перемещению. Сравнение моделей производилось по реакции на постоянный градиент ускорения и по логарифмическим амплитудным и фазо-частотным характеристикам.

Результаты сравнения времени реакции моделей на постоянный градиент ускорения показаны на рисунке 4.

Эти кривые характеризуют латентный период (время между началом действия раздражителя на пилота и возникновением ответной реакции) восприятия линейных ускорений. Сравнение моделей осуществлялось по величине среднеквадратичной ошибки относительно экспериментальной кривой.

Для идентификации ММ использовались экспериментальные данные, полученные Мейри. Из графиков видно, что в диапазоне частот 0,03 ... 0,2 Гц модель вестибулярного аппарата работает как датчик скорости. Сравнение моделей различных исследователей введено по величине среднего квадрата ошибки.

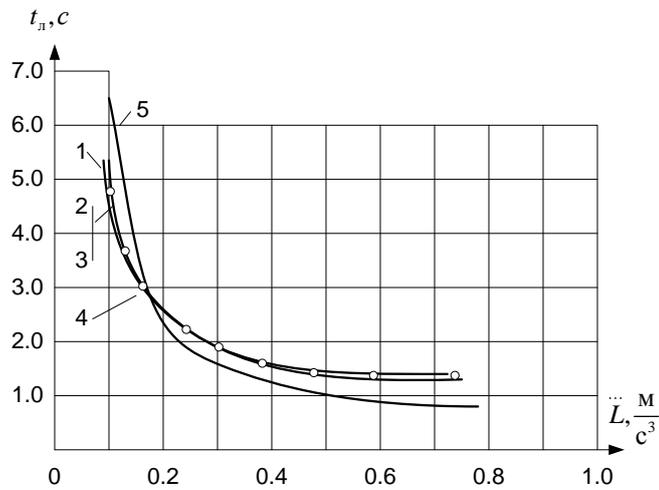


Рисунок 4 – Реакция вестибулярного аппарата на линейное ускорение

Реакция моделей на гармоническую стимуляцию показана на рисунке 5.

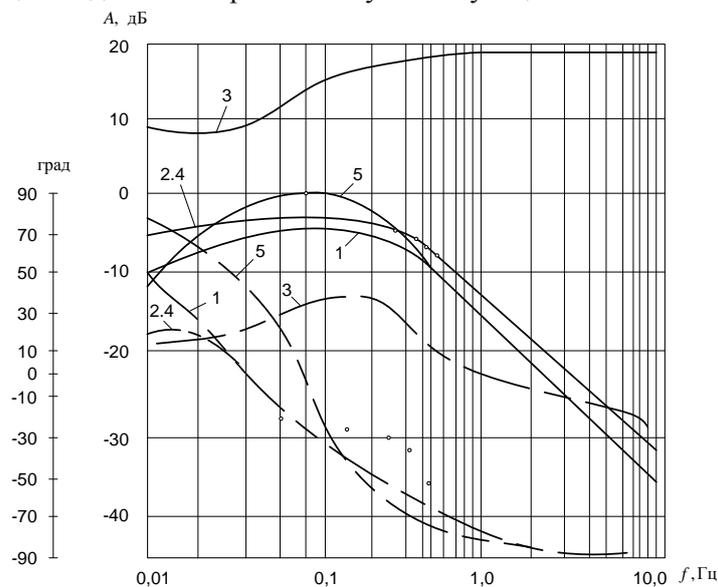


Рисунок 5 – Логарифмическая амплитудная характеристика и логарифмическая фазо-частотная характеристика вестибулярного аппарата при движении по вертикальной оси ОУ

При моделировании поведения летательного аппарата на водной поверхности используется разработанная ММ [4–6]. Анализ этой модели показывает, что колебания отдельных точек летательного аппарата определяются амплитудой и частотой колебаний, направления ветра γ_v относительно продольной оси летательного аппарата и отношением $v = A/v_v$ размеров летательного аппарата A к скорости перемещения гребня волны v_v . В листинге 1 показаны результаты моделирования колебаний летательного аппарата на поверхности воды при $\gamma_v = 0$.

На рисунке 6 показаны диаграммы колебаний шарнирных звеньев подвижной платформы системы подвижности при $\gamma_v = \pi/6$ и при $\gamma_v = \pi/3$ для $v = 1$ с, $L_m = 0,5$ м, $\omega = 1,57$.

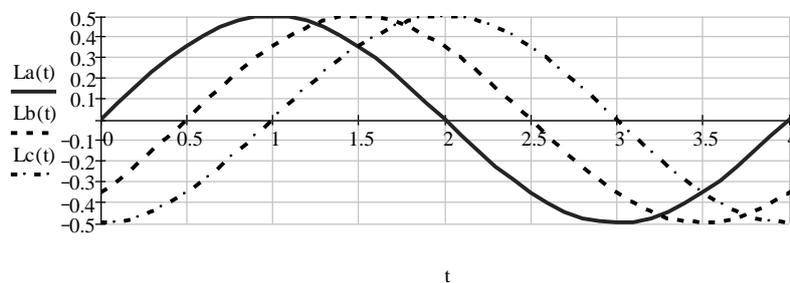


Рисунок 6 – Временные диаграммы колебаний шарнирных звеньев подвижной платформы системы подвижности при $\gamma_v = \pi/6$

Анализ временных диаграмм показывает, что для неизменных параметров $v = 1$ с, $L_m = 0,5$ м, $\omega = 1,57$ в зависимости от γ_v изменяется фаза колебаний шарнирных звеньев подвижной платформы системы подвижности. Действительно, если при данных параметрах и $\gamma_v = 0$ перемещения шарнирных узлов b и c синфазны и отстают по времени от колебаний шарнирного звеньев a на величину $\Delta t_b = \Delta t_c = 0,866$ с, что соответствует при $\omega = 1,57$ фазовому сдвигу на величину $\Delta\psi_b = \Delta\psi_c = 1,36$ рад, то при $\gamma_v = \pi/6$ эти параметры принимают значения соответственно для шарнирных звеньев подвижной платформы системы подвижности b и c $\Delta t_b = 0,5$ и $\Delta t_c = 1$ с, что соответствует при $\omega = 1,57$ фазовому сдвигу на величины $\Delta\psi_b = 0,785$ и $\Delta\psi_c = 1,57$ рад.

При $\gamma_v = \pi/3$ эти параметры принимают значения соответственно для шарнирных звеньев b и c $\Delta t_b = 0$, $\Delta t_c = 0,866$ с что соответствует при $\omega = 1,57$ фазовому сдвигу на величины $\Delta\psi_b = 0$, $\Delta\psi_c = 1,36$ рад. При изменении v пропорционально изменяются задержки колебаний по времени и по фазе (рисунок 7).

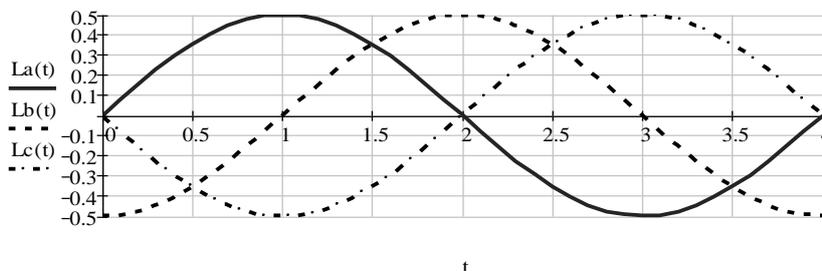


Рисунок 7 – Временные диаграммы колебаний шарнирных звеньев подвижной платформы системы подвижности при $v = 2$ и $\gamma_v = \pi/6$

Как видно из рисунка 7 $\nu = 2$ и $\gamma_B = \pi/6$ временные и фазовые сдвиги колебаний шарнирных звеньев подвижной платформы системы подвижности изменяются относительно случая, показанного на рисунке 6, в два раза и принимают значения соответственно для шарнирных звеньев b и c $\Delta t_b = 1$, $\Delta t_c = 2$ с, что соответствует при $\omega = 1,57$ фазовому сдвигу на величины $\Delta\psi_b = 1,57$ и $\Delta\psi_c = 3,14$ рад.

Фазовый сдвиг колебаний в шарнирных точках шарнирных звеньев подвижной платформы системы подвижности относительно шарнирного звена a задаётся выражениями:

$$\Delta\psi_b = \omega \frac{A \sin(\pi/3 - \gamma_B)}{\nu_B} = \omega \cdot \nu \cdot \sin(\pi/3 - \gamma_B); \quad (5)$$
$$\Delta\psi_c = \omega \frac{A \sin(\pi/3 + \gamma_B)}{\nu_B} = \omega \cdot \nu \cdot \sin(\pi/3 + \gamma_B),$$

которые определяют зависимость фазовых сдвигов в функции от частоты колебаний, размеров летательного аппарата, скорости перемещения гребня волны и направления ветра γ_B .

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать предложенные ММ и разработанные системы при создании имитаторов ощущения пространственного движения летательного аппарата, пилотируемых над поверхностью волны, но и имитаторов для вертолетов, гидросамолетов, самолетов амфибии, катера на воздушных подушках и т.п.

Список литературы

1. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Н.Н. Структурно-параметрический синтез математических моделей в задачах обработки экспериментально-статистической информации. – Пенза: ПГТА, 2007. – 177с.
2. Янг Л.Р. Модель вестибулярной системы управления // Труды международного симпозиума по технической и биологическим проблемам управления. – М.: Изд-во «Наука», 1970.
3. Barues G.R. Vestibular Control of Oculomotor and postural Mechanisms. Clin. Phys. Physiol. Meas., 1980, Vol.1, No.1, p.p. 3-40.
4. Прошин И.А., Тимаков В.М., Прошкин В.Н. Совершенствование динамических стендов авиационных тренажеров на базе гидроприводов / «Мехатроника, автоматизация, управление». – М.: 2008. – № 12. – С. 18–22.
5. Прошин И.А., Тимаков В.М., Прошкин В.Н. Тренажер вертолета с имитацией посадки на взволнованную водную поверхность / «Мехатроника, автоматизация, управление». – М., 2009, №9. – С. 65–69.
6. Прошин И.А., Тимаков В.М., Прошкин В.Н. Тренажер плавающего объекта для обучения экипажей действиям в чрезвычайных ситуациях // Вестник «Морская техника и технология» – Астрахань: АГТУ, 2009. – №1. – С. 82–87.

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

Периодическое научное издание

Серия: Технические науки.

Безопасность деятельности человека.

Информатика, вычислительная техника и управление



Главный редактор А.Х. Шеуджен
Компьютерная верстка И. Шваревой

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии «КОПИ-РИЗО»
Пенза, ул. Каляева, 7В. Тел. 56-25-09.
e-mail: tipograf_porovamg@inbox.ru

Подписано в печать 8.12.2017.

Выход в свет 20.12.2017.

Формат 70X108 1/16

Бумага типогр. №1. Печать ризография. Шрифт Times New Roman.

Усл. печ. л. 17,8. Уч. изд. л. 12. Заказ № 1296. Тираж 100 экз.

Цена свободная

Адрес редколлегии, учредителя, редакции и издателя
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»:
440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, д. 1а/11
Тел.: 8(8412) 20-86-39; E-mail: journal21@pgta.ru;
Сайт: <http://www.penzgtu.ru/57/1091/>