

СТУДЕНЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ОБЩЕСТВО

ДОННУ

ISSN 2522-4824

# ВЕСТНИК СНО

ВЫПУСК 10

Том 1:

## Естественные и технические науки



Донецк – 2018

ISSN 2522-4824

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
СТУДЕНЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ОБЩЕСТВО**

# **В Е С Т Н И К**

**СТУДЕНЧЕСКОГО НАУЧНОГО ОБЩЕСТВА  
ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ВЫПУСК 10**

**ТОМ 1**

*Естественные и технические науки*

**Донецк – 2018**

ББК Б.я52+Ж/3.я52  
УДК 378(5+004)(05)

**Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».** – Донецк: ДонНУ, 2018. – Вып. 10, том 1: *Естественные и технические науки.* – 151 с.

**Редакционная коллегия  
Вестника студенческого научного общества  
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»**

**Главный редактор** – *Данилов В.В.*, д-р техн. наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности

**Зам. главного редактора** – *Бровец А.И.*, председатель Совета СНО

**Ответственный редактор** – *Фоменко М.В.*, канд. физ.-мат. наук

**Ответственный секретарь** – *Самарёва Т.Н.*, зав. лабораторией

**Члены редакционной коллегии:**

*Асланов П.В.*, канд. физ.-мат. наук, доцент

*Зайцева Н.В.*, канд. экон. наук, доцент

*Карасенко Е.А.*, канд. филол. наук, доцент

*Миннуллин О.Р.*, канд. филол. наук, доцент

*Никольский В.Н.*, д-р ист. наук, профессор

*Сафонов А.И.*, канд. биол. наук, доцент

*Тимошенко Н.А.*, канд. юрид. наук, доцент

*Тофан А.Л.*, канд. экон. наук, доцент

*Химченко А.Н.*, канд. экон. наук, доцент

*Щепин Н.Н.*, канд. физ.-мат. наук, доцент

*Щепина Н.Д.*, канд. хим. наук, доцент

В десятом выпуске ежегодного сборника (в 4-х томах) опубликованы результаты научных исследований студентов ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» в области естественных и технических (том 1), гуманитарных (том 2), экономических (том 3) и юридических наук (том 4). Работы печатаются в авторской редакции, максимально снижено вмешательство в структуру отобранных материалов. *Ответственность за содержание статей, аутентичность цитат, правильность фактов и ссылок несут авторы статей.* Редакционная коллегия не несет ответственность за достоверность информации, представленной в рукописях, и оставляет за собой право не разделять взгляды некоторых авторов на те, или иные вопросы.

**Адрес редакции:**

283001, г. Донецк, пр-т Гурова, 14, гл. корпус ДонНУ, к. 115;

Тел.: (062) 302-92-26;

E-mail: [t.samareva@donnu.ru](mailto:t.samareva@donnu.ru)

URL: <http://donnu.ru/science/sno>

*Печатается по решению Ученого совета  
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,  
протокол № 4 от 30 марта 2018 г.*

© ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет, 2018

# СОДЕРЖАНИЕ

## Биологические науки

Авилкина Т.Я., Ермоленко Н.И., Лисун А.О. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭФФЕКТОВ АДРЕНАЛИНА НА ЭНЕРГЕТИКУ СОКРАЩЕНИЯ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ КРЫС В ДИНАМИКЕ РАЗВИТИЯ ЯТРОГЕННОГО ГИПЕРКОРТИЦИЗМА .....	5
Андрющенко А.И. РЕГЕНЕРАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ И КУЛЬТИВАРОВ РОДА <i>JUNIPERUS</i> L. В УСЛОВИЯХ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА .....	12
Дикая А.А. ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДА <i>PENSTEMON</i> SCHMIDEL. В ИНТРОДУКЦИИ .....	16
Елисеєва-Брованюк Д.С. РАЗРАБОТКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО УРОКА ПО БИОЛОГИИ И АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ НА ТЕМУ «РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА» .....	19
Замковская М.А., Пашиковская В.Н., Варгоцкая Л.С. ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ САМЦОВ БЕЛЫХ КРЫС РАЗНОГО ВОЗРАСТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ СТРЕССОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ .....	23
Золотой А.Л. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ВАЛЕНТНОСТИ И ТОЛЕРАНТНОСТИ ВИДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОТОПОВ г. ДОНЕЦК .....	27
Казаренко Н.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ АЦЕТОНА НА ФЛУОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОВОДОРОСЛИ <i>CHLORELLA VULGARIS</i> .....	32
Киселева Д.В. МОРФОТИПИЧЕСКАЯ ГЕТЕРОГЕННОСТЬ ПЛОДОВ <i>SICHHORIUM INTYBUS</i> L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ СРЕДЫ .....	36
Кладько Д.В. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> , МАГНИТОМАРКИРОВАННЫХ В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ .....	40
Ковалёва С.Ю. ЗООГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФАУНЫ RHORALOCERA г. МАКЕЕВКИ .....	45
Кольченко О.Р. ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА <i>ACER PLATANOIDES</i> L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ г. ДОНЕЦКА) .....	50
Крутенкова Т.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ, ЦИНКА И КОБАЛЬТА НА ФЛУОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ .....	54
Лушеникова Т.Р., Бабатина Е.П., Овчинникова М.А., Перельгина Д.О. ВЛИЯНИЕ АДРЕНАЛИНА, ВВОДИМОГО В ПЕРИОД ОСТРОГО ОПЫТА, НА ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАБОТАЮЩЕЙ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ БЕЛЫХ КРЫС .....	59
Микула А.К. ВЛИЯНИЕ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ ЧИСТОТЕЛА БОЛЬШОГО НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН .....	63
Мицкан В.В., Боровой И.И. ЛОКАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФИТОПЛАНКТОН – ПОЛЛЮТАНТ .....	66
Морозова Е.И. БРИОФЛОРА ГОРНЯЦКОГО РАЙОНА г. МАКЕЕВКИ .....	70
Пашиков Д.А. ВЛИЯНИЕ ИНФЕКЦИИ НА НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ХРАНЕНИИ .....	74
Пенькова А.С., Безуглая Е.В., Оробинская В.Д., Боярко Н.Е. ВЛИЯНИЕ ДЕКСАМЕТАЗОНА НА ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТОВ АДРЕНАЛИНА НА СОКРАТИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ БЕЛЫХ КРЫС .....	77
Пчеленко О.В. ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ В АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННОЙ СРЕДЕ .....	82
Семькина О.А. НАЗЕМНЫЕ ЖЕСТКОКРЫЛЫЕ (COLEOPTERA: CARABIDAE, TENEBRIONIDAE) г. МАКЕЕВКИ .....	87
Сенина А.В. ЭКОЛОГО-ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РОКАРИЕВ И АЛЬПИНАРИЕВ ГОРОДА ДОНЕЦКА .....	91

## **Физико-технические науки**

<i>Детюк Д.Е., Левченко А.А.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ ГРАДУИРОВОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМИСТОРА .....	97
<i>Коберниченко Б.А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНАЛОГОВОГО ИНВЕРСНОГО И ЦИФРОВОГО САМОСИНХРОНИЗИРУЮЩЕГОСЯ СКРЕМБЛИРОВАНИЯ .....	101
<i>Крюкова В.И., Кириллова Л.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОПАР ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЕЛЬТА-ФУНКЦИИ .....	106
<i>Левченко А.А., Детюк Д.Е.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОМЕТРА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СТУПЕНЧАТОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СИГНАЛА .....	111
<i>Попов А.С., Яновский А.В.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРА СИГНАЛА ВСЛЕДСТВИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЗВУКОВОЙ ТРАКТ С МИКРОФОНОМ .....	116
<i>Савченко Б.С.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ НА КАФЕДРЕ РАДИОФИЗИКИ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	120
<i>Таран А.С.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ФЛОКОВЫХ ПОКРЫТИЙ С ВОДОРАСТВОРИМЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ В ПОЖАРОТУШЕНИИ .....	124
<i>Шаргородская О.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ МЕТОДОМ .....	130
<i>Шевченко А.С.</i> СИСТЕМА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ МЕТОДОМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ .....	135

## **Информационное обеспечение процессов и систем управления**

<i>Рютина Е.В.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ .....	140
<i>Савенко Е.И.</i> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАМИ .....	146

# Биологические науки

УДК 591.1:591.473.3:577.175.5

*Авилкина Т.Я., Ермоленко Н.И., Лисун А.О.  
Научный руководитель: Труш В.В., к.мед.н., доцент, зав. кафедрой*

## ХАРАКТЕРИСТИКА ЭФФЕКТОВ АДРЕНАЛИНА НА ЭНЕРГЕТИКУ СОКРАЩЕНИЯ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ КРЫС В ДИНАМИКЕ РАЗВИТИЯ ЯТРОГЕННОГО ГИПЕРКОРТИЦИЗМА

*Резюме.* В исследованиях на половозрелых крысах установлено, что синтетический глюкокортикоид вызывал фазные изменения энергетических параметров мышцы и характера ее реакции на адреналин. Так, спустя первые 20 дней введения дексаметазона степень повышения под влиянием адреналина исходно сниженной внешней работы мышцы (на 41%) была сопоставима с таковой контрольных животных (33%). Спустя 40 дней применения дексаметазона адреналин не проявлял способности повышать исходно сниженную внешнюю работу мышцы. Спустя 2-х месячный период введения дексаметазона исходное значение внешней работы мышцы нормализовалось, и адреналин вновь приобретал способность повышать данный параметр в такой же степени (на 35%), как и у контрольных животных. ТСМР спустя 20-40 дней введения дексаметазона, существенно повышенная относительно контроля (на 127-82%), под влиянием адреналина возрастала в большей степени (на 49-55% относительно исходного), чем у контрольных крыс (на 36%). Спустя 2-х месячный период введения дексаметазона исходный уровень ТСМР нормализовывался и под действием адреналина возрастал примерно в такой же степени (на 42%) как и у контрольных животных.

*Ключевые слова:* скелетная мышца, энергетика мышцы, дексаметазон.

**Введение.** Глюкокортикоиды и их синтетические аналоги широко используются в клинической практике в связи с выраженным противовоспалительным, антиаллергическим и иммуносупрессорным эффектом [11]. Наряду с позитивными лечебными эффектами, данные препараты оказывают негативное побочное действие на нервно-мышечную, костную и лимфоидную системы [6]. Наиболее выраженным отрицательным эффектом характеризуются высоко активные синтетические фторсодержащие аналоги глюкокортикоидов пролонгированного действия, в частности, дексаметазон [1], которые нередко используют для иммуносупрессии и терапии тяжелых воспалительных и аллергических заболеваний. Длительное применение подобных препаратов может сопровождаться развитием симптомов ятрогенного гиперкортицизма, обуславливающего миопатические изменения в скелетных мышцах больных в связи с выраженным катаболическим действием на мышечную ткань избыточных концентраций глюкокортикоидов [9, 14]. Наиболее выраженные миопатические изменения при гиперкортицизме любой этиологии развиваются в скелетных мышцах с преобладанием волокон быстрого типа [14].

Несмотря на наличие в литературе большого экспериментального материала относительно метаболических расстройств и структурных нарушений в скелетной мускулатуре, вызванных избытком глюкокортикоидов, характер функциональных изменений в разных типах скелетных мышц изучен не достаточно, также как и недостаточно изучены вопросы, касающиеся изменения чувствительности скелетных мышц под влиянием глюкокортикоидов к другим гормонам, в том числе к катехоламинам. Вместе с тем, по эффективности реализации эффектов катехоламинов на скелетную мышечную ткань в условиях гиперкортицизма можно косвенно судить о функциональном ее состоянии, поскольку выраженные патологические сдвиги в нервно-мышечном аппарате под действием избытка глюкокортикоидов могут сделать невозможной полноценную реализацию эффектов катехоламинов.

В связи с отмеченным целью настоящей работы явилось исследование на основании данных эрго- и термографии эффективности влияния адреналина на параметры энергетики сокращения скелетной мышцы белых крыс в динамике насыщения организма терапевтическими дозами дексаметазона.

**Материалы и методы исследования.** Все исследования были выполнены в соответствии с «Руководством по уходу и использованию лабораторных животных» (публикация Национального института здоровья № 85-23, США) и «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» [7]. Объектом исследования служила передняя большеберцовая мышца, относящаяся, как и большинство мышц млекопитающих, к смешанному типу с преобладанием быстрых мышечных волокон [12], характеризующихся более высокой в сравнении с медленными чувствительностью к глюкокортикоидам [14].

Эксперименты проводились на 40 половозрелых молодых (4-5-ти месячных) крысах-самках со средней исходной массой тела  $220,8 \pm 2,18$  г, первоначально разделенных на 2 группы: контрольную ( $n=10$ ) и опытную ( $n=30$ ). Животные опытной группы подвергались введению синтетического аналога глюкокортикоидов дексаметазона в дозе, адекватной терапевтической для человека (раствор для инъекций фирмы KRKA, Словения, 0,25 мг/кг, внутривенно, 1 раз в 2-е суток), на протяжении от 20-ти до 60-ти дней. Таким образом, в пределах опытной группы было сформировано 3 подгруппы животных ( $n=10$  в каждой), каждая из которых получила разное количество инъекций дексаметазона: 10, 20 и 30 на протяжении соответственно 20, 40 и 60 дней (Д20, Д40 и Д60). Такой подход позволил нам исследовать характер функциональных изменений в скелетной мышце по мере увеличения степени насыщения животного организма дексаметазоном и воспроизвести модель хронического его применения, аналогичную таковой в клинической практике.

Для регистрации параметров энергетики мышечного сокращения использовалась экспериментальная установка, состоящая из трех каналов. *Канал электростимулятора* представлен электростимулятором, построенным на основе функционального генератора ICL8038CCDP, оптронной гальванической развязкой и биполярными игольчатыми стальными электродами с межэлектродным расстоянием 1 мм. *Эргометрический канал* включал датчик перемещения (потенциометрический датчик ПТП-1) и регистрирующее устройство. Описанный канал служил для измерения высоты, на которую поднимается груз во время сокращения мышцы с грузом, а также графической записи в цифровом виде собственно миограммы (эргограммы) в память многоканального цифрового запоминающего осциллографа Tektronixs (TDS2004C). *Термометрический канал* представлен медь-константановой термопарой, фотокомпенсационным усилителем Ф-116 и регистратором (цифровой запоминающий осциллограф TDS2004C). Термопара выполнялась из тонкой проволоки диаметром 50 мкм и в ходе проведения опыта прошивалась через исследуемую переднюю большеберцовую мышцу. Разрешающая способность термометрического канала устанавливалась на уровне  $0,01^\circ\text{C}$ .

Перед проведением острого опыта животное наркотизировали (тиопентал натрия, 100 мг/кг, внутривенно), после чего препаровали в области бедра малоберцовый нерв и на расстоянии 1 см проксимальнее коленного сустава подводили под него раздражающие электроды. Названный нерв иннервирует переднюю большеберцовую мышцу, сокращение которой вызывает сгибание стопы задней лапки. Стопа задней лапки животного крепилась зажимом, после чего на уровне большого пальца затягивалась лигатура, соединенная с потенциометрическим датчиком (датчик перемещения). При раздражении малоберцового нерва (6 с сверхпороговыми электрическими импульсами частотой 60 имп/с при длительности импульсов 0,5 мс и силе тока 1000 мкА) стопа изгибалась, поднимая груз массой 80 граммов. Выбранная длительность нанесения раздражения (6 с) была достаточна для максимального укорочения мышцы в режиме

гладкого тетануса. Зная высоту, на которую поднимался груз, в дальнейшем можно было рассчитать выполненную мышцей внешнюю работу ( $A$ , мДж). Одновременно с миограммой (эргограммой) регистрировалась термограмма, на основании которой измерялась величина прироста температуры мышцы при ее сокращении (температурный эффект мышечного сокращения –  $\Delta T^0$ ). Это позволяло в дальнейшем рассчитать отношение прироста температуры мышцы при ее сокращении к величине выполненной работы ( $\Delta T^0/\text{мДж}$ ). Расчетный показатель получил название «температурной стоимости мышечной работы – ТСМР» [8], отражающей энергетическую «цену» единицы (1 мДж) выполненной мышцей внешней работы.

Первоначально, раздражая малоберцовый нерв электрическим током, вызывали тетаническое сокращение передней большеберцовой мышцы и регистрировали исходные эргограмму и термограмму ее гладкого тетанического сокращения. После регистрации исходных значений изучаемых параметров животным всех групп вводили внутримышечно адреналина гидрохлорид в сверхфизиологической дозе (водный раствор, 0,2 мг/кг, фирмы «Здоровье», Украина). Через 10 мин после введения катехоламина осуществляли повторную регистрацию эрго- и термограммы мышцы.

По окончании острого опыта в условиях глубокого наркоза проводили эвтаназию животных путем введения летальной дозы (300 мг/кг) тиопентала натрия.

Для оценки достоверности различий между центральными тенденциями сравниваемых групп (контрольной и опытных, получивших разное количество инъекций дексаметазона) использовали  $t$ -критерий Стьюдента, предварительно убедившись в том, что распределение значений исследуемых показателей в вариационном ряду соответствует нормальному закону ( $W$ -тест Шапиро-Уилка). Значения уровня значимости  $p$ , меньшие 0,05, рассматривали как статистически достоверные.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Хроническое введение дексаметазона существенно отражалось на параметрах энергетики сокращения передней большеберцовой мышцы, характер изменения которых во многом зависел от длительности введения препарата. Так, спустя первые 20-40 дней введения синтетического глюкокортикоида прирост температуры мышцы после тетанического сокращения (температурный эффект мышечного сокращения, ТЭМС) значимо не отличался от контрольного уровня, тогда как объем выполняемой ею внешней работы был ниже такового контроля на 45-52% ( $P < 0,05$ ), в связи с чем температурная стоимость мышечной работы (ТСМР), оцениваемая как отношение прироста температуры мышцы к объему выполненной работы, оказалась существенно выше контрольного значения (на 127-82%,  $P < 0,05$ , см. табл.).

Спустя 60 дней введения дексаметазона прирост температуры мышцы после сокращения, также как и объем выполняемой ею внешней работы возвращались к уровню контроля, в связи с чем ТСМР также значимо не отличалась от контрольного значения (см. табл.).

Таким образом, на начальных этапах введения дексаметазона (спустя 20-40 дней введения) наблюдалось некоторое повышение ТСМР, которое свидетельствует в пользу неэкономного расходования энергии мышцей, как во время сокращения, так и при ее ресинтезе в фазу вторичного теплообразования. Повышение температурной стоимости мышечной работы под действием глюкокортикоидов (гидрокортизона) наблюдали и другие авторы [4]. Наиболее вероятным механизмом такого эффекта глюкокортикоидов рассматривается их способность снижать КПД биологического окисления в мышечных волокнах [2, 3].

По окончании 2-х месячного периода введения дексаметазона наблюдалась нормализация как прироста температуры мышцы после сокращения, так и величины внешней работы, что обусловило отсутствие существенных изменений ТСМР и



свидетельствует в пользу некоторой нормализации процессов ресинтеза АТФ в мышечных волокнах к данному сроку.

Длительное введение дексаметазона определенным образом повлияло на проявление эффектов адреналина на параметры энергетике мышечного сокращения. Так, введение адреналина во время острого опыта контрольным животным вызывало существенное увеличение теплопродукции мышцы после тетанического сокращения (на 80% через 10 минут после инъектирования адреналина относительно исходного уровня,  $P < 0,01$ ) на фоне увеличения величины выполненной внешней работы (на 33% относительно исходного уровня,  $P < 0,01$ , см. табл.). Несмотря на сочетанное увеличение теплопродукции и внешней работы мышцы под влиянием адреналина, температурная стоимость мышечной работы также возрастала (на 36% относительно исходного уровня,  $P < 0,01$ , см. табл.). Наблюдаемое нами увеличение температурной стоимости мышечной работы под влиянием адреналина свидетельствует в пользу снижения КПД мышечного сокращения. Некоторое снижение эффективности энергообмена в мышце под действием катехоламинов может быть обусловлено их способностью разобщать биологическое окисление в периферических тканях (в том числе в мышечной ткани) [5, 10, 13, 15].

Таблица

Средние значения некоторых параметров энергетике сокращения передней большеберцовой мышцы контрольных крыс и животных, получивших разное количество инъекций дексаметазона

Группа животных	Прирост температуры мышцы после сокращения (ТЭМС, °С)		Внешняя работа мышцы, мДж		Температурная стоимость мышечной работы (ТСМР, °С/мДж $\times 10^{-3}$ )	
	исходный	после введения адреналина	исходная	после введения адреналина	исходный	после введения адреналина
контроль (К)	0,24±0,02	0,44±0,03 +80%*	11,8±0,64	15,1±0,97 +33%*	20,9±1,27	29,1±1,69 +36%*
Опыт (Д20)	0,30±0,03	0,64±0,08 +110%* (0,20±0,03)*	6,5±0,68 (-5,3±0,61)*	10,4±1,03 +41%* (-4,7±0,6)*	47,4±5,08 (26,5±2,12)*	61,1±7,24 +49%* (32,0±3,45)*
Опыт (Д40)	0,20±0,02	0,29±0,03 +46%* (-0,15±0,02)	5,6±0,60 (-6,2±0,72)*	5,1±0,53 -5,8% (-10,0±0,12)*	38,1±4,12 (17,2±0,21)*	59,7±6,17 55%* (30,6±3,26)*
Опыт (Д60)	0,25±0,03	0,48±0,05 +91%* (0,04±0,01)	11,1±0,91 (-0,7±0,09)	14,5±1,21 +34,7%* (-0,6±0,85)	21,8±2,25 (0,9±0,1)	33,2±3,29 +42%* 4,1±0,52

в круглых скобках указана разница относительно контрольной группы в аналогичный период опыта; % – указана разница относительно периода «до работы»; \* – различия статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Проявление эффектов адреналина на энергетике мышечного сокращения у дексаметазоновых крыс во многом зависело от длительности периода введения глюкокортикоида (см. табл.). Так, на протяжении всего периода введения дексаметазона адреналин проявлял способность повышать теплопродукцию мышцы после сокращения. Но в то же время степень этого повышения зависела от длительности периода введения синтетического глюкокортикоида. Так, спустя первые 20 дней введения дексаметазона степень увеличения теплопродукции мышцы после сокращения под влиянием адреналина (+110% относительно исходного уровня,  $P < 0,01$ ) несколько превосходила таковую контрольных животных (+80% относительно исходного уровня,  $P < 0,01$ ), в результате чего и абсолютное значение ТЭМС на 44% превосходило соответствующее значение контрольных животных после введения катехоламина ( $P < 0,01$ , см. табл.).

Спустя 40 дней введения дексаметазона адреналин сохранял способность повышать теплопродукцию мышцы после сокращения, но степень этого повышения (на 46%,  $P < 0,01$  относительно исходного уровня, см. табл.) была значимо ниже таковой

контрольных крыс, стимулируемых катехоламином. Таким образом, спустя 40 дней введения дексаметазона адреналин проявлял менее выраженный эффект на теплопродукцию мышцы по сравнению с контрольными животными.

Спустя 2-х месячный период введения дексаметазона исходная теплопродукция мышцы возвращалась к контрольному уровню и через 10 минут после введения адреналина она повышалась (на 91% относительно исходного,  $P < 0,01$ ) и значимо не отличалось от соответствующего значения контрольных животных, стимулируемых адреналином (80,0% относительно исходного уровня, см. табл.). Таким образом, спустя 60 дней введения дексаметазона адреналин проявлял способность повышать теплопродукцию мышцы в такой же степени, как и у контрольных животных.

Способность адреналина, вводимого в период острого опыта, увеличивать внешнюю работу мышцы дексаметазоновых крыс также зависела от длительности периода введения глюкокортикоида. Так, спустя первые 20 дней введения дексаметазона адреналин проявлял способность повышать исходно сниженную внешнюю работу мышцы (на 41% относительно исходного уровня,  $P < 0,05$ ) примерно в такой же степени, как и у контрольных животных (на 33% относительно исходного уровня,  $P < 0,05$ ). Вместе с тем, величина внешней работы у дексаметазоновых крыс после стимуляции адреналином была ниже таковой контрольных животных, получивших адреналин (на 31%,  $P < 0,01$ , см. табл.). Таким образом, спустя первые 20 дней введения дексаметазона адреналин проявлял способность повышать уровень исходно сниженной внешней работы мышцы в такой же мере, как и у контрольных животных.

Спустя 40 дней введения дексаметазона введение адреналина в период острого опыта не приводило к повышению исходно сниженной внешней работы мышцы, в результате чего данный параметр был значимо ниже значения контрольных животных, стимулируемых адреналином (на 66%,  $P < 0,01$ , см. табл.).

Спустя 2-х месячный период введения дексаметазона нормализовалось исходное значение внешней работы мышцы, и адреналин вновь приобретал способность повышать данный параметр (на 35% относительно исходного уровня,  $P < 0,05$ ) примерно в такой же степени, как и у контрольных крыс, стимулируемых катехоламином (на 33%, см. табл.).

В связи с неоднозначным изменением прироста температуры мышцы и выполняемой ею внешней работы под действием адреналина на протяжении периода введения дексаметазона наблюдались и неоднозначные изменения температурной стоимости мышечной работы. Так, спустя первые 20 дней введения дексаметазона адреналин проявлял способность повышать как теплопродукцию мышцы (на 110%), так и величину внешней работы (на 41%, см. табл.). В связи с тем, что прирост температуры мышцы после сокращения под влиянием адреналина возрастал в большей степени, чем объем выполняемой внешней работы, ТСМР у крыс, получавших дексаметазон на протяжении 20 дней, и так исходно повышенная относительно контроля (на 96%), еще более возрастала (на 49%,  $P < 0,01$  относительно исходного уровня). Абсолютное значение ТСМР через 10 минут после введения катехоламина у животных группы 20Д значимо превосходило таковое контрольных крыс, стимулируемых катехоламином (на 110%,  $P < 0,01$ , см. табл.). Более высокий прирост ТСМР под влиянием адреналина у крыс, получавших дексаметазон на протяжении 20 дней, свидетельствует в пользу более выраженного снижения КПД энергетических процессов в их волокнах под действием катехоламина по сравнению с мышцей контрольных животных.

Спустя 40 дней введения дексаметазона адреналин проявлял способность повышать теплопродукцию мышцы ( $P < 0,01$ ), но при этом не вызывал увеличения выполняемой ею внешней работы (см. табл.). Степень повышения теплопродукции

мышцы под влиянием адреналина у животных группы Д40 (на 46% относительно исходного уровня) была меньше таковой контрольных животных, стимулируемых катехоламином (на 80% относительно исходного уровня). Вместе с тем, ТСМР оказалась существенно выше соответствующего контрольного значения (на 105%,  $P < 0,01$ , см. табл.), что свидетельствует в пользу усиления энергообмена в мышце преимущественно за счет усиления процессов анаэробного ресинтеза АТФ.

По окончании 2-х месячного периода введения дексаметазона адреналин проявлял способность как повышать теплопродукцию мышцы (на 91% относительно исходного уровня,  $P < 0,01$ ), так и величину внешней работы (на 35% относительно исходного уровня,  $P < 0,01$ , см. табл.) примерно в такой же степени как и у контрольных животных (80% для теплопродукции мышцы и 33% для внешней работы). Как следствие этого, прирост ТСМР под влиянием адреналина у крыс группы 60Д (42% относительно исходного уровня) был аналогичным таковому контролю, стимулируемого катехоламином (36%, см. табл.). Таким образом, по окончании 2-х месячного периода введения дексаметазона восстанавливалась способность адреналина повышать как уровень внешней работы, так и теплопродукции мышцы. При этом, как и у контрольных животных, у дексаметазоновых крыс под действием адреналина несколько снижался КПД энергообмена в мышечных волокнах, о чем свидетельствует примерно равнозначное повышение ТСМР.

Подводя итог изложенному, необходимо заключить, что длительное введение дексаметазона вызывало фазные изменения энергетических параметров передней большеберцовой мышцы и характера ее реакции на адреналин. Спустя первые 20-40 дней введения дексаметазона энергетические параметры мышцы и ее реакция на адреналин нарушались, тогда как по окончании 2-х месячного периода введения препарата – нормализовывались, что свидетельствует в пользу возможной адаптации нервно-мышечной системы к длительному введению синтетического глюкокортикоида в постоянной дозе.

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлено следующее.

1. Энергетические параметры передней большеберцовой мышцы претерпевали фазные изменения в динамике введения дексаметазона. Спустя первые 20-40 дней исходный уровень теплопродукции мышцы значимо не отличался от контрольного, тогда как внешняя работа мышцы была снижена (на 45-53%), что обуславливало существенное увеличение исходной температурной стоимости мышечной работы (на 127-82%). По окончании 2-х месячного периода введения глюкокортикоида исходные значения теплопродукции мышцы, ее внешней работы и ТСМР возвращались к контрольному уровню.

2. На протяжении всего периода введения дексаметазона адреналин проявлял способность повышать теплопродукцию мышцы после сокращения, но степень этого повышения зависела от длительности периода введения синтетического глюкокортикоида: спустя 20 дней введения дексаметазона (110%) – несколько превосходила таковую контрольных животных, спустя 40 дней (46%) – была значимо ниже таковой контрольных крыс, по окончании 2-х месячного периода введения препарата (91%) была сопоставима с таковой контроля (80%).

3. Способность адреналина, вводимого в период острого опыта, увеличивать внешнюю работу мышцы дексаметазоновых крыс зависела от длительности периода введения синтетического глюкокортикоида. Спустя первые 20 дней введения дексаметазона степень повышения под влиянием адреналина исходно сниженной внешней работы мышцы (на 41%) была сопоставима с таковой контрольных животных (33%). Спустя 40 дней применения дексаметазона адреналин не проявлял способности повышать исходно сниженную внешнюю работу мышцы. Спустя 2-х месячный период введения дексаметазона исходное значение внешней работы мышцы нормализовалось,

и адреналин вновь приобретал способность повышать данный параметр в такой же степени (на 35%), как и у контрольных животных.

4. Дексаметазон модулировал влияние адреналина на температурную стоимость мышечной работы, и характер этого модулирующего влияния зависел от длительности периода введения синтетического глюкокортикоида. Спустя 20-40 дней введения дексаметазона ТСМР, существенно повышенная относительно контроля (на 127-82%), под влиянием адреналина возрастала в большей степени (на 49-55% относительно исходного), чем у контрольных крыс (на 36%). Спустя 2-х месячный период введения дексаметазона исходный уровень ТСМР нормализовывался и под действием адреналина возрастал примерно в такой же степени (на 42%) как и у контрольных животных.

5. По окончании 2-х месячного периода введения дексаметазона энергетические параметры мышцы и ее реакция на адреналин нормализовывались, что свидетельствует в пользу возможной адаптации нервно-мышечной системы к длительному введению синтетического глюкокортикоида в постоянной дозе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова Е.О. Клиническая фармакология парентеральных форм глюкокортикоидов // Лечебное дело. – 2007. – №3. – С. 17-24.
2. Денисов Ю.П. Стероидные гормоны и регуляция функций митохондрий // Фармакология и токсикология. – 1981. – №4. – С. 500-506.
3. Коркач В.И. Напряжение кислорода и активность дыхательных ферментов в скелетных мышцах после введения АКТГ и гидрокортизона // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1971. – Т. 57, №7. – С. 1067-1069.
4. Коркач В.И., Прудников В.М. Влияние кортикотропина и гидрокортизона на сократительную способность и теплопродукцию скелетных мышц // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1977. – Т. 63, №11. – С. 1553-1556.
5. Манухин Б.Н., Курбанова Г.Д., Волина Е.В., Ерохов П.А. Изменение активности Na, K-АТФазы при блокаде адренорецепторов // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1985. – Т.71, №6. – С. 731-736.
6. Полунина А.Г., Исаев Ф.В., Демьянова М.А. Стероидная миопатия // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2012. – Т. 112, № 10-2. – С. 60–64.
7. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Под ред. В.П. Фисенко. – М.: Минздрав РФ, ЗАО «ИИА „Ремедиум"», 2000. – 398 с.
8. Султанов Ф.Ф., Соболев В.И. Гормональные механизмы температурной адаптации. – Ашхабад: Ылым, 1991. – 215 с.
9. Труш В.В., Соболев В.И. Амплитудно-частотная зависимость М-ответа скелетной мышцы крыс с экспериментальным гиперкортицизмом // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2015. – Т.101, №7. – С. 829-842.
10. Everts M.F., Retterstol K., Clausen T. Effects of adrenaline on excitation-induced stimulation of the sodium-potassium pump in rat skeletal muscle // Acta Physiologica Scandinavica. – 1988. – V. 134. – P. 189-198.
11. Gardner D., Shoback D. Greenspan's Basic and Clinical Endocrinology. – New York, NY: McGraw-Hill Medical, 2011. – 9<sup>th</sup> ed. – 1010 p.
12. Gauthier G.F. Skeletal muscle fiber types // In: Engel A.G., Banker B.Q., eds. Myology. Basic and clinical. – New York, NY: McGraw-Hill; 1986. – P. 255–283.
13. Jensen J., Brennesvik E.O., Bergensen H. Quantitative determination on cell surface beta-adrenoreceptors in different skeletal muscles // Pflugers Arch. – 2002. – V. 444, №1-2. – P. 213-219.
14. Savary I., Debras E., Dardevet D. Effect of glucocorticoid excess on skeletal muscle and heart protein synthesis in adult and old rats // British Journal of Nutrition. – 1998. – №3. – P. 297–304.
15. Smith U. Adrenergic control of metabolic functions // Acta Med. Scand. – 1983. – №5 (Suppl.). – P. 671-676.

## РЕГЕНЕРАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ И КУЛЬТИВАРОВ РОДА *JUNIPERUS* L. В УСЛОВИЯХ ДОНЕЦКОГО РЕГИОНА

*Резюме:* Изложены результаты исследований влияния обработки стимулятора роста (ИМК, 2000 мг/л) на длину корней, образовавшихся у стеблевых черенков видов и культиваров рода *Juniperus* L. По результатам укоренения выделены наиболее перспективные представители можжевельника для успешного размножения.

*Ключевые слова:* можжевельник, черенкование, регенерация, укоренение, придаточные корни.

Внедрение хвойных в озеленение городских территорий имеет большое значение в городах с высоким уровнем техногенного загрязнения среды. Хвойные обладают высокой фитонцидной активностью, поглощают вредные газы, осаждают пылевые частицы, а также отличаются высоким декоративным эффектом в любое время года [3].

На сегодняшний день представители рода *Juniperus* L. (можжевельник) являются неотъемлемыми элементами ландшафтного оформления города Донецка. Такую популярность в использовании обеспечила устойчивость можжевельников к неблагоприятным факторам природной и урботехногенной среды, художественная выразительность, а также возможность их использования в различных типах зеленых насаждений [1]. Из-за своей высокой художественной выразительности можжевельники часто используют при формировании парковых композиций, городских защитно-декоративных насаждений, для выделения доминанты или детали в композиции, привлекающей к себе внимание наблюдателя.

Для решения архитектурно-композиционных задач в зеленом строительстве, кроме основных видов рода *Juniperus* используются их декоративные формы, называемые садовыми формами, или культиварами. Большинство из них возникло в садовой культуре, и представляют собой преимущественно морфологические отклонения от исходных видов, что является следствием соматических и семенных мутаций [8].

Специфические климатические и техногенные условия Донбасса являются достаточно жесткими для произрастания можжевельников. Поэтому для введения новых видов и культиваров рода *Juniperus* в зеленое строительство региона необходимы научный подход и интродукционное испытание данных объектов.

В связи с расширяющимися масштабами зеленого строительства, повышением требований к декоративности и экологической значимости зеленых зон, парков и скверов, разрабатываются технологии массового и ускоренного размножения хвойных древесных и кустарниковых пород. Вегетативное размножение стеблевыми черенками является наиболее эффективным при размножении садовых форм, т.к. позволяет получать генетически однородный посадочный материал, обладающий морфологическими признаками материнских растений [13].

Для интродукции рода *Juniperus* на сегодняшний день успешно применяется размножение стеблевыми черенками. Оно позволяет получить корнесобственный посадочный материал со всеми признаками материнского организма из отделенных от него побегов, помещенных в особые условия, которые призваны обеспечивать поддержание жизнедеятельности черенка [4].

Целью работы является изучение регенерационных способностей некоторых видов и культиваров рода *Juniperus* в условиях Донецкого региона.

Материалом для эксперимента послужили виды и культивары экспозиции «Можжевельники» (куратор – с.н.с., к.б.н. Хархота Л.В.) Государственного учреждения

«Донецкий ботанический сад», а именно: *Juniperus virginiana* L., *J. sabina*. 'Tamariscifolia', *J. sabina*. 'Blue Danube', *J. chinensis* 'Spartan'. Эти представители прошли успешную интродукцию в коллекционных участках ГУ «Донецкий ботанический сад». Рассмотрим их биоэкологическую характеристику.

*J. virginiana* – представляет собой однодомное, реже двудомное вечнозеленое хвойное растение до 30 м в высоту, при диаметре ствола 150 см. Растет медленно. Крона компактная, колоновидная, густая, позже становится овальной, раскидистой или широкопирамидальной. Хвоя темно-зеленая, мелкая (0,1 – 0,2 см). Кора бурого или серого цвета. Шишководы мелкие, до 0,6 см, созревают осенью первого года (в октябре) и долго остаются на деревьях. Растет на бедных гравийных склонах гор, а также вдоль берегов и ручьев.

*J. sabina* 'Tamariscifolia' – двудомный стелющийся кустарник высотой 0,35 – 0,5 м и диаметром 2 – 2,5 м с короткой игольчатой серо-зеленой хвоей (часть побегов с чешуйчатой сизо-зеленой хвоей). Быстро разрастается в ширину и образует плотные заросли. Кора красно-коричневая, отслаивающаяся. Шишководы поникающие, мелкие (5 – 7 мм), буро-черные с сизым налетом, округло-овальные, большей частью двусемянные. Семена созревают осенью и весной следующего года.

*J. chinensis* 'Spartan' – кустарники или деревья, однодомные либо двудомные, высотой до 20 – 25 м. Крона от широко- или узко- конусовидной или колоновидной до кустарника с пирамидальной, округлой или стелющейся. Побеги темно-зеленые, округлые, тонкие, 1 – 2,5 мм толщиной. Хвоя двух видов: чешуевидная и игловидная. Шишки довольно изменчивые, почти шаровидные или удлинённые, иногда неправильно угловатые, сначала покрытые беловатым налетом, позже темно-синие или коричневые, почти черные, от 5 – 7 до 8 – 9 мм в диаметре, состоят из 4 – 8 чешуй. Семян в шишке 2 – 3, реже 4 – 5 или 1. Издавна используется для формирования бонсай. Растет на известковых или каменистых почвах.

*J. sabina* 'Blue Danube' – низкорослый, стелющийся кустарник, 1 – 1,5 м высотой. Крона простертая, ветви иногда приподнимаются. Кора гладкая, красновато-серая. Побеги округлые, темно-зеленые, с резким запахом. Хвоя двух типов: игловидная и чешуйчатая, 2,5 – 8 мм длиной и 0,5 – 0,75 мм шириной. Игловидная листва снизу вогнутая, сверху выпуклая с белой полоской. Чешуевидная хвоя ромбическая или овальная, на конце слегка заостренная. Шишководы округло-овальные или приплюснутые, шаровидные, 5 – 7 мм длиной, буро-черные с сизым налетом. [9].

Черенкование проводили в весенний период (I-II декады мая) однолетними, полуодревесневшими и одревесневшими черенками по общепринятым методикам. Биологическую способность к придаточному корнеобразованию определяли по таким критериям: укореняемостью, продолжительностью укоренения, степенью развития придаточных корней. Наблюдения проводили согласно методикам И.А. Комарова [6] и Е.К. Мороз [7]. В качестве субстрата для укоренения использовали песок. Для исследований брали побеги диаметром у основания 0,5 – 1 см. Нарезали черенки длиной 10 – 15 см с 3 – 5 междоузлиями. Для стимуляции роста черенки обработали в ИМК в концентрации 2000 мг/л. Все черенки обработаны стимулятором в течение 20 сек. Для дальнейшего укоренения черенки помещали в теплицу, где создавались все необходимые условия и осуществлялись агротехнические работы [4].

Хвойные обладают различной способностью к вегетативному размножению, в частности к размножению стеблевыми черенками. Способность образовывать придаточные корни у хвойных проявляется по-разному. Прослеживаются различия в продолжительности укоренения, количестве укоренившихся черенков, а также в развитии придаточных корней, росте надземной части.

Известно, что процесс регенерации у черенков начинается с заживления ран, которое обычно сопровождается активным делением клеток у поверхности среза, в

результате чего отмечается формирование беловатой ткани – каллуса, либо происходит затягивание ран выделениями клеток [5, 10]. В образовании каллуса могут принимать участие все живые ткани в районе поврежденного участка, и тогда вся поверхность среза одновременно покрывается каллусом, но в основном его развитие связано с деятельностью камбия. В последнем случае каллус сначала имеет форму кольцеобразного валика, который по мере разрастания может постепенно обволакивать всю поверхность среза [10]. Каллус, в свою очередь, может формировать новые органы, такие как корневая система. Однако следует отметить, что у черенков большинства растений корневые зачатки чаще всего образуются в камбии, а также в других тканях, и редко в самом каллусе, хотя при этом придаточные корни могут выходить из каллуса [5]. Каллус, главным образом, выполняет защитную функцию, а также является временнымместилищем питательных веществ, которые могут в дальнейшем использоваться на развитие придаточных корней.

В результате проведенного эксперимента было выяснено, что в процессе укоренения опытные растения проявляют различную способность к укоренению стеблевыми черенками. Наблюдаются различия в продолжительности укоренения, росте и развитии придаточных корней на укорененных черенках можжевельников. Это свидетельствует о их различной регенерационной способности.

Полученные экспериментальные данные позволили разделить изученные виды и культивары на две группы: с высокой и средней регенерационной способностью [1]. У видов и культиваров с высокой и средней регенерационной способностью укореняемость составила 60 – 100% (табл. 1). Лучшими показателями укоренения отмечены черенки *J. virginiana* (100%) и *J. sabina* 'Tamariscifolia' (80%).

Таблица 1

Корнеобразование стеблевых черенков видов и культиваров рода *Juniperus* L.

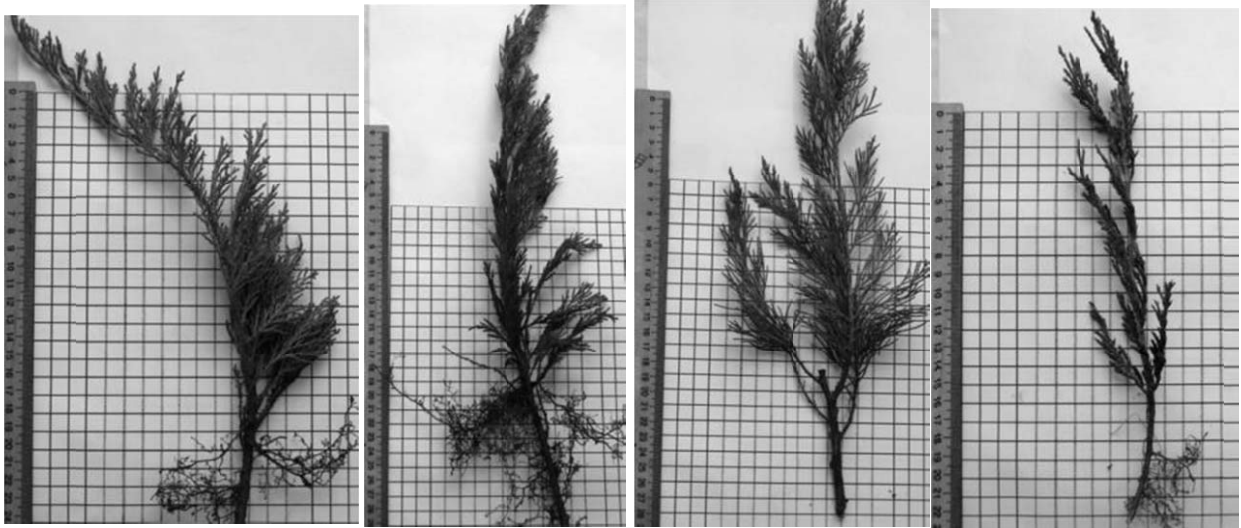
Вид, культивар	Укореняемость, %	Суммарная длина корней, см	Суммарное количество корней, шт
<i>J. virginiana</i> L.	100	156	62
<i>J. sabina</i> L. 'Tamariscifolia'	80	415	154
<i>J. sabina</i> L. 'Blaue Donau'	30	147	60
<i>J. chinensis</i> L. 'Spartan'	0	0	0

Необходимо отметить, что на стеблевых черенках *J. sabina* 'Tamariscifolia' наблюдали развитие самой мощной корневой системы: образовались придаточные корни трех порядков ветвления, суммарная длина которых в среднем составила 415 см, а количество – 154 шт.

Средняя регенерационная способность (20 – 60 %) отмечена для культивара *J. sabina* 'Blue Danube' (30%).

Черенки *J. chinensis* 'Spartan' не смогли образовать корневую систему вовсе. Вероятно, полученный результат связан с несколькими факторами, такими как продолжительность укоренения, период черенкования, типе черенков, неэффективным приемом стимулирования его потенциальной ризогенной способности, а также биологической специфичностью самого культивара (рис. 1).

По результатам оценки регенерационной способности нами выделены перспективные представители рода, такие как *J. virginiana* и *J. sabina* L. 'Tamariscifolia', которые можно рекомендовать для промышленного размножения и внедрения в зеленое строительство Донецкого региона.



А

Б

В

Г

Рис. 1. Черенки некоторых видов и культиваров рода *Juniperus* L.: А – *J. virginiana* L.; Б – *J. sabina* L. 'Tamariscifolia'; В – *J. chinensis* L. 'Spartan'; Г – *J. sabina* L. 'Blue Danube'.

Авторы статьи выражают глубокую благодарность и признательность сотрудникам отдела дендрологии ГУ «Донецкий ботанический сад», куратору экспозиции «Можжевельники», старшему научному сотруднику, кандидату биологических наук Хархоте Людмиле Валерьевне за предоставленную возможность использования коллекции интродуцированных хвойных растений для проведения наших исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрущенко А.И., Гридько О.А. Формовое разнообразие рода *Juniperus* L. в зеленых насаждениях г. Донецка // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сборник докладов XI Международной научной конференции аспирантов и студентов (Донецк, 11–13 апреля 2017 г.) / ДОННТУ, ДонНУ; [редкол.: К. Н. Маренич, Е. В. Кочина (отв. ред.) и др.]. – Донецк: ГОУ ВПО «ДОННТУ»; Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2017. – С. 321 – 323.
2. Глухов О.З. Довбиш Н.Ф. Прискорене розмноження малопоширених деревних листяних рослин на південному сході України. – Донецьк: ТОВ 'Лебидь', 2003. – 162 с.
3. Глухов А.З., Усольцева О.Г. Интродукционный потенциал, размножение и использование хвойных растений для садово-парковых композиций в условиях юго-востока Украины // Проблемы екології та охорони природи техногенного регіону: Міжнародний збірник наукових робіт/ Відп. ред. Беспалова С.В. – Донецьк: ДонНУ, 2008. – Вип. 8. – С. 42 – 47.
4. Глухов А. З., Шпакова О.Г. Ускоренное размножение хвойных в условиях юго-востока Украины. – Донецьк: Норд-Пресс, 2006. – 135 с.
5. Иванова З.Я. О некоторых факторах корнеобразования у черенков хвойных растений // Физиология растений. – 1979. – Т. 26, № 2. – С. 264 – 271.
6. Комаров И.А. К методике учета сроков корнеобразования у лених черенков // Бюл. Гл. ботан. Сада АН СССР. – 1968. – Вып. 70. – 16 с.
7. Мороз Е.К. Фазы морфогенеза корней при укоренении интродуцированных сортов роз // Рекомендации. Онтогенез интродуцированных растений в ботанических садах Советского Союза. – Киев: Б. и. – 1991. С. 108 – 109.
8. Поляков А. К., Сулова Е.П. Хвойные на Юго-Востоке Украины. – Донецьк: Норд-Пресс, 2004. – 197 с.
9. Полякова Л. С. Хвойные растения. – М.: Издательство «Кладезь-Букс» 2006 г. – 95 с.
10. Родионова С.Ю., Дорошкевич Е.И. Вегетативное размножение туи западной Смарагд (*Thuja occidentalis* Smaragd) в условиях закрытого грунта // «Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры»; Материалы Международной конференции, посвященной 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. (19 – 22 июня 2012, Минск, Беларусь). В 2 ч. Ч. 1 / Нац. акад. Наук Беларуси, Централ. ботан. сад; редкол.: В.В. Титок и др./, Минск, 2012. – С. 254 – 256.



11. Рубаник В.Г. Размножение черенками хвойных растений // Бюл. ГБС. – 1978, Вып. 70 – С. 87–93.
12. Тарасенко М.Т., Ермаков Б.С. Черенкование в искусственном тумане / Вестн. сельскохоз. науки. – 1966. – №10. – С.115 – 122.
13. Холявко В.С., Глоба-Михайленко Д.А. Дендрология и основы зеленого строительства. – М.: Высш. Школа. – 1980 – 248 с.

УДК 582.4:631.811.98-042.3

*Дикая А.А.*  
*Научный руководитель: Демьяненко Т.В., к.б.н., доцент*  
*Соруководитель: Макогон И.В., к.б.н., научный сотрудник*  
*ГУ «Донецкий ботанический сад»*

### ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДА *PENSTEMON SCHMIDEL.* В ИНТРОДУКЦИИ

*Резюме.* В данной работе представлено морфологическое описание видов рода *Penstemon Schmidel.*, также их теоретические размеры и полученные практические значения их размеров. Было выявлено, что практические значения немного отличаются от теоретических, в следствии не совсем схожего климата с природными условиями.

*Ключевые слова:* интродукция, *Penstemon Schmidel.*, морфометрические параметры.

Необходимыми для города являются озеленённые участки, к которым относят миксбордеры и цветники. И главной задачей выступает разработка и интродукция новых видов в городскую среду. Не совсем привычными растениями для городского озеленения являются представители рода *Penstemon Schmidel.* Поэтому оценка перспективы использования видов этого рода для города Донецка, является актуальной задачей.

Интродукцией новых цветочно-декоративных растений занимаются в ГУ «Донецкий ботанический сад» (ГУ ДБС). Проводимые в нем работы включают мобилизацию исходного растительного материала, создание коллекционного фонда как базы для проведения научных исследований, интродукционного испытания и изучения растений в новых для них условиях, создания экспозиций и как результат – отбор перспективных видов и сортов для использования в зеленом строительстве [1].

Городские условия требуют весьма неприхотливые растения, которые будут обладать устойчивостью к различным вредителям и болезням. Растения, которые можно использовать в озеленении, должны обладать оригинальностью, чтобы вносить яркие краски в окружающую человека среду. Это требует внедрение новых видов и сортов.

Род *Penstemon* имеет наибольшее видовое разнообразие в Северной Америке и Восточной Азии. Благодаря новым генетическим исследованиям отнесен в значительно расширенное семейство *Plantaginaceae*. Отличительной чертой рода является заметный стаминодий и бесплодные тычинки. В Северной Америке виды рода *Penstemon* часто используют в ландшафтном дизайне, т.к. многие из них произрастает в пустыне или высокогорных районах, они весьма выносливы. Одна из самых больших коллекций видов рода *Penstemon* в Северной Америке находится в Дендрарии в Флагстаффе [4].

Большинство видов – травянистые многолетники, реже кустарники или полукустарники. Высота может варьировать от 10 см до 3-х метров. Произрастают в условиях от открытой пустыни и до влажных лесов, однако не являются широко распространенными в пределах ареала [4].

Это светолюбивые растения, которые следует выращивать на солнечных, теплых участках, защищенных от сильного ветра. Умеренно влаголюбивые, но

засухоустойчивые, ряд видов предпочитают умеренно сухие почвы. В жаркое и сухое лето для поддержания декоративности следует обеспечивать достаточно обильный и регулярный полив. Засуху переносят гораздо легче, чем длительное переувлажнение, а от застоя влаги, особенно рано весной, при таянии снега часто погибают. Хороший дренаж жизненно необходим, очень хорошо дренированная почва является основным определяющим условием успеха при выращивании этой культуры. Не требовательны к плодородию, хорошо растут на любых садовых почвах, в том числе бедных и очень бедных, наиболее декоративны на легких, рыхлых, лучше песчаных суглинках [2].

Многие виды данного рода можно использовать в озеленении и в качестве срезки, но стоит не долго. Виды характеризуются густыми, пышными цветами с мелкими густыми кистями красивых, крупных цветков. В коллекции ГУ ДБС род *Penstemon* Schmidel. представлен 9 видами. Ниже приводимые виды являются наиболее перспективными для городского озеленения.

***Penstemon serrulatus* Menz. ex Sm.** Естественно произрастает на Тихоокеанском побережье северо-западе Северной Америки, от штата Орегон до Аляски [3].

Многолетнее высокое растение до 70 см высотой с несколькими неразветвленными одревесневающими стеблями. Листья овальные, довольно жесткие, и с остроконечными зубчиками, голые. Соцветия состоят из трубчатых цветов от синего до фиолетового оттенка. Соцветие часто одно, компактное, иногда несколько и более, открытое; чашечка 5–9 мм длиной, 5 сегментов с маргинальными волосками. Венчик 17-25 мм длиной, голый внутри и снаружи; пыльники в форме подковы, 1,1–1,6 мм длиной; стаминодий с длинной бородой, желтоватой на верхней половине. Плоды: капсулы 5–8 мм. Растет на влажных лугах, вдоль ручьев, на скалистых участках, около побережья. Цветет в середине лета. Предпочитает частично затемненное освещение и влажные почвы. Цветы привлекают колибри, пчел и других насекомых [3, 5, 6, 7].

В нашей работе мы определяли морфометрические параметры *P. hirsutus* (L.) Willd. в интродукции в ГУ ДБС и затем сравнивали их с литературными данными [3, 5-10].

Таблица 1

Морфометрическая характеристика признаков *Penstemon serrulatus* Menz. ex Sm в интродукции в ГУ ДБС, 2017 год

Морфометрические параметры	В интродукции	В природных условиях [3, 5, 6, 7]
Диаметр куста, см	$\frac{103}{38}$	70
Высота побега, см	$\frac{122,5 \pm 0,94}{43,8 \pm 1,1}$	–
Количество узлов на побеге, шт	$\frac{10 \pm 0,2}{8,6 \pm 0,25}$	–
Ширина листа, см:		
в верхней части стебля	$\frac{3,3 \pm 0,17}{2,4 \pm 0,15}$	
в средней части стебля	$\frac{7,65 \pm 0,13}{2,74 \pm 0,18}$	–
в нижней части стебля	$\frac{4,5 \pm 0,16}{3,2 \pm 0,14}$	

Длина листа, см:		
в верхней части стебля	$\frac{6 \pm 0,2}{2,5 \pm 0,1}$	
в средней части стебля	$\frac{5,04 \pm 0,3}{4,26 \pm 0,21}$	–
в нижней части стебля	$\frac{12,05 \pm 0,38}{5,08 \pm 0,14}$	
Длина соцветия, см	$\frac{26,5 \pm 1,6}{16,4 \pm 1,03}$	–
Количество цветков, шт	$\frac{168 \pm 1,9}{54,2 \pm 1,5}$	–
Ширина венчика, мм	$\frac{1,2 \pm 0,07}{1 \pm 0}$	–
Длина венчика, см	$\frac{4,9 \pm 0,03}{2,2 \pm 0,08}$	$\frac{2,5}{1,7}$

Примечание: в числителе – максимальное значение; в знаменателе – минимальное значение параметра.

В результате мы установили, что в условиях интродукции сохраняется диаметр куста, свойственный растениям в естественных условиях, длина листа несколько уменьшается. Увеличивается почти вдвое длина венчика. Полученные результаты свидетельствуют об удачной интродукции данного вида, но для рекомендации его в зеленое строительство требуются дальнейшие исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баканова В.В. Цветочно-декоративные многолетники открытого грунта. – Киев: Наукова думка, 1984. – 155 с.
2. Род пенстемон – *Penstemon* Scmidel <http://megabook.ru>
3. *Penstemon serrulatus* <https://ru.wikipedia.org>
4. Define *penstemon* <https://penstemon.askdefine.com/>
5. PLANT DATABASE <http://www.wildflower.org/>
6. *Penstemon serrulatus* <https://www.pnwflowers.com/>
7. *Penstemon serrulatus* <http://biology.burke.washington.edu/>
8. *Penstemon hirsutus* – EASTERN PENSTEMON, HAIRY PENSTEMON <https://hillfarmnursery.com/> (3.03.2017)
9. Mancos *Penstemon* (*Penstemon strictiformis*) <http://sagebud.com/>
10. American *Penstemon* Society – *Penstemon strictiformis* <http://apsdev.org/identification/>

*Елисеева-Брованюк Д.С.  
Научный руководитель: Гридько О.А., к.б.н., доцент*

## **РАЗРАБОТКА И ПРОВЕДЕНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОГО УРОКА ПО БИОЛОГИИ И АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ НА ТЕМУ «РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА»**

*Резюме.* В статье представлены результаты исследования интегрированного подхода к обучению биологии и иностранного языка. Разработан и проведен интегрированный урок по биологии и английскому языку на тему «Растительная клетка», представлен анализ интегрированного контроля по данной теме.

*Ключевые слова:* интегрированный урок, английский язык, биология, растительная клетка, лексический материал, коррекционная работа.

Модернизация образования является ключевой проблемой современного общества, что приводит в свою очередь к существенным изменениям в школьной системе обучения. В современном обществе все больше востребованной становится всесторонне развитая личность, с высоким уровнем квалификации и самообразования. В наше время перед школой ставится важнейшая цель: обеспечить восприятие ребенком целостной картины мира во всей ее многогранности и разнообразии. Современному социуму необходима личность, способная критически мыслить и творчески подходить к решению возникающих проблем. Вследствие этого очень важно осуществить переход от исполнительской, репродуктивной деятельности обучающихся к творческой, нестандартной деятельности на всех этапах учебного процесса.

Существующая образовательная система рассматривает процесс обучения как разрозненный, дифференцированный курс. Зачастую знания приобретенные в процессе изучения отдельных предметов не получают практического применения в дальнейшем и остаются невостребованными. В результате такого обучения ребенок получает знания прерывисто, бессистемно, что приводит к понижению учебной мотивации и ухудшению качества знаний.

Использование межпредметных связей в системе предметного обучения способствует активизации учебной и познавательной активности учащихся. Они используются педагогом при изучении отдельных тем и являются прекрасным способом объединения ключевых понятий и положений из различных предметных сфер. Межпредметные связи являются главной составляющей интегрированного обучения.

Интегрированные уроки подразумевают вовлечение каждого учащегося в активный познавательный процесс самостоятельной работы, где каждый имеет возможность раскрыть себя и проявить знания из той области, которая ему ближе. Подобные уроки позволяют определить и осознать, где и каким образом, для каких целей эти знания могут быть применены. На интегрированных уроках учащиеся имеют возможность проявить коммуникативные навыки и умения, являющихся значимыми компетенциями в современном мире [3, с. 21].

Интегрированный урок имеет психологическое преимущество: активизирует умственные способности, снимает напряжённость, неуверенность, способствует осознанию различных учебных фактов и феноменов, усиливает творческий потенциал, так как способствует вовлечению не только в учебную, но и в исследовательскую деятельность. Интегрированное обучение предусматривает формирование у учащихся навыка быстрой активизации мыслительной деятельности и воспроизведения выученного материала для более эффективного усвоения нового, создавая при этом потребность применения учебной литературы из предметов различных циклов.

Ключевая задача учителя на уроке – это преподнести необходимый учебный материал так, чтобы заинтересовать учащихся исследованием и изучением данной темы и предмета в целом. Применение интегрированного обучения на практике представляется наиболее приемлемым средством и формой обучения школьников, побуждающих их к активной учебной деятельности. При объединении уроков биологии и английского языка повышается мотивация обучающихся, формируется познавательный интерес, что приводит к повышению уровня обученности и воспитанности. Интегрированные уроки открывают возможности для проявления художественного воображения, критического мышления и творчества учащихся. Кроме того данные уроки развивают внимание, память, логическое мышление и эстетическое восприятие. Интегрированный урок вовлекает всех учащихся в активный познавательный процесс в независимости от уровня подготовки и сформированности учебных умений и навыков, позволяя проявить творческий подход к выполняемым заданиям. При проведении интегрированных уроков по биологии и английского языка можно добиться более высокого овладения лексическим материалом в области интегрируемого предмета (биологии), кроме того при проведении данных уроков снимается языковой барьер у учащихся, что способствует развитию познавательных и умственных способностей учащихся. Кроме того данные уроки увеличивают уровень профессионального мастерства учителя, т.к. в процессе подготовки требуется владение методикой инновационных технологий и умение осуществлять системно-деятельностный подход к обучению.

Результаты интегрированного обучения проявляются в развитии творческого и критического мышления учащихся. Оно способствует не только интенсификации учебно-познавательного процесса, но и повышает уровень культуры речи.

Актуальность данного исследования определяется тем, что английский язык в современном мире проникает во все сферы деятельности человека. Образовательная сфера не является исключением. Новые образовательные стандарты стремятся к тому, чтобы английский язык являлся средством познания и выражения собственных мыслей.

Изучение методики преподавания интегрированных уроков становится все более популярным в наше время. Исследователи в данной области занимались в основном изучением интеграции биологии и близким к ним естественным дисциплинам химии, физики, географии и даже истории [6, с. 1]. Очень мало научных трудов по вопросам методологических аспектов проведения интегрированных уроков по биологии и иностранному языку.

Цель работы – разработать и внедрить в учебный процесс интегрированный урок по биологии и английскому языку на тему «Растительная клетка».

Поставленная цель предполагает решение следующих задач:

- изучить методические особенности проведения интегрированных уроков;
- проанализировать и сопоставить методологию построения этапов урока биологии и иностранного языка;
- разработать и провести интегрированный урок по биологии и английскому языку на тему «Растительная клетка»;
- раскрыть значение проведения интегрированных уроков по биологии и иностранному языку.

В рамках реализации интегрированного обучения в Муниципальной образовательной организации «Общеобразовательная школа I-III ступеней № 7 города Енакиево» был проведен интегрированный урок для 6 класса по теме «Строение растительной клетки».

Главной целью данного урока было сформировать знания школьников о строении и составе растительной клетки посредством английского языка. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

*практические:* организовать ознакомление и тренировку с новой лексикой по теме «Строение клетки»; организовать ознакомительное чтение текста «Клетка» с полным его пониманием;

*образовательные:* расширять филологический кругозор учащихся, учить наблюдать за фонетическими, грамматическими и лексическими явлениями иностранного языка, увеличивать общую культуру учащихся;

*развивающие:* развивать речевые способности учащихся: фонематический и интонационный слух, развивать культуру общения в предложенных ситуациях, развивать слуховую и зрительную память, развивать речевую реакцию учащихся, развивать умение логично выразить свою мысль;

*воспитательные:* воспитывать моральные качества учащихся, воспитывать культуру общения, которая принята в современном цивилизованном обществе.

На уроке использовались следующие средства обучения: технические средства обучения (компьютерная презентация, видеофильм «Строение растительной клетки»); изобразительные (домино «Строение клетки»); вербальные (карточки для работы с текстом).

В ходе интегрированного урока учащиеся знакомились с текстом «Plant cell». По ходу чтения и перевода текста, посвященного структуре растительной клетке, школьники знакомились с названием органелл растительной клетки на английском языке, самостоятельно зарисовывали растительную клетку и выполняли соответствующие обозначения на английском языке, смотрели видеоролик о строении клетки и отвечали на вопросы учителя. В качестве закрепления лексики учащимся была предложена игра в домино, где необходимо было сопоставить картинку с органеллой на английском языке. Учащиеся на уроке были активны, внимательны, работоспособны. Исходя из этого, можно сделать вывод, что выбранная форма организации учебной деятельности школьников была достаточно эффективной. Для развития критического мышления были использованы следующие методы и приемы: групповая работа, работа по цепочке, работа с наглядностями.

Для выяснения эффективности предложенной методики целесообразно было провести интегрированный контроль знаний и умений школьников.

Контрольная работа состояла из 4 заданий:

Задание 1. Соотнести определения с правильным переводом. В этом задании учащиеся сопоставляли названия органелл на русском и английском языках. Целью выполнения данного задания являлось выявление уровня знаний лексики по теме «Строение клетки».

Задание 2. Расшифровать слова: учащимся необходимо восстановить написание слова путем правильной расстановки букв, в результате проверялось умение правильно записывать слова.

Задание 3. Подписать органеллы клетки на рисунке. В задании необходимо было не только правильно записать органеллы клетки на английском, но и правильно их обозначить на рисунке.

Задание 4. Написать правильно слова к определениям. Учащиеся должны были правильно записать название органеллы по предложенному определению на английском языке.

Всего интегрированный контроль выполнили 16 учащихся.

Из данных таблицы 1 видно, что все дети получили положительную оценку, тех кто не справился с контрольной работой не было. Имеет место высокий процент качества знаний и степени обученности. Кроме того, средний бал более 4 говорит о хорошей подготовке и высоком уровне знаний учащихся. В классе 6 человек, что составляет 28 процентов, написали контрольную работу на отлично не допустив ошибок.

Таблица 1

Количественная оценка знаний учащихся после прохождения  
интегрированного контроля в 6 классе

Всего, чел	«5», чел.	%	«4», чел.	%	«3», чел.	%	«2», чел.	% качества знаний	Степень обучен- ности	Средний бал
16	6	28	5	36	5	36	-	68,75	68,75	4,06

В результате проверки контрольных работ были выявлены типичные ошибки, такие как неправильное написание слов, ошибки при определении оргanelл по рисунку, незнание определения изученных понятий.

Причинами допущенных ошибок стали недостаточная тренировка в употреблении понятий на английском языке; недостаточная самостоятельная работа учащихся над иностранными словами.

План коррекционной работы предлагает учесть характер допущенных ошибок; организовать работу по ликвидации пробелов в знаниях. Необходимо организовать больше тренировочных упражнений по темам, в которых допущены ошибки и усилить контроль оценивания домашнего задания. Слабым учащимся предлагается уделять особое внимание на этапах повторения и закрепления изученного материала. Следует проводить систематические групповые и индивидуальные консультации с целью устранения пробелов в базовых знаниях по предмету. Также планируется организовать повторение основных биологических понятий на уроках в виде опережающих заданий.

После проведения контрольной работы учащиеся получили задание творческого характера. Учащимся было предложено разработать модель растительной клетки, используя аппликацию из различных материалов с обязательным обозначением оргanelл на английском языке.

В ходе интегрированного урока были усвоены основные биологические понятия и термины по теме «растительная клетка», однако не все учащиеся способны без ошибок написать данные термины на английском языке. Можно отметить, что работы учащихся были выполнены на оптимальном и допустимом уровне обученности.

Интегрированное обучение играет важную роль в современном образовании, активизируя познавательный процесс учащихся, умение синтезировать изученный материал, делать аргументированные выводы. Главными преимуществами интегрированного обучения является увлекательность и нестандартность форм их проведения, что увеличивает желание учащихся усваивать знания одного предмета посредством другого. С применением интегрированных уроков в школьном курсе учителя получают возможность повысить мотивацию учащихся в изучении биологии и иностранного языка, что положительно повлияет на уровень умственных и познавательных способностей учащихся в целом.

Путем внедрения интегрированных уроков в учебный процесс были достигнуты следующие результаты:

- систематизация и обобщение полученных знаний;
- применение полученных знаний, умений и навыков полученных на уроках биологии в сферу иноязычного общения;
- развитие критического мышления школьников посредством синтеза и трансформации изучаемых понятий из биологии в английский язык;
- проявление интересов учащихся, расширение кругозора и мировоззрения школьников;
- увеличение и углубление оптимизации учебного взаимодействия между учителем и учащимися;
- проявление творческого и свободного взаимоотношений на уроке, что способствует раскрытию личностных качеств и потенциала учащихся.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бухбиндер В.А., Штраусс В.И. Основы методики преподавания иностранных языков. – К.: Вища школа, 1986. – 336 с.
2. Кульневич С.В. Анализ современного урока. Практическое пособие. – Ростов-на-Дону, 2006. – 175 с.
3. Лакоценина Т.П. Современный урок. Интегрированные уроки. – Ростов-на-Дону.: Учитель, 2008. – 126 с.
4. Левинцова Н.А. Особенности преподавания иностранных языков на современном уровне // Английский язык и культура. – 2007. – № 41. – с. 3 – 67.
5. Максимова В.Н. Межпредметные связи в обучении биологии. – М.: Просвещение, 1997. – 192 с.
6. Палагутина М. А., Серповская И. С. Инновационные технологии обучения иностранным языкам [Текст] // Проблемы и перспективы развития образования: материалы Междунар. науч. конф. (г. Пермь, апрель 2011 г.). Т. I. — Пермь: Меркурий, 2011. — С. 156 – 159.
7. Поташник М.М. Требования к современному уроку. Методическое пособие / М.М. Поташник. – М.: Центр педагогического образования, 2007. – 272 с.

УДК 612.833.81

*Замковая М.А., Паишковая В.Н., Варгоцкая Л.С.  
Научный руководитель: Богданова С.А., ассистент*

### **ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕДЕНЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ САМЦОВ БЕЛЫХ КРЫС РАЗНОГО ВОЗРАСТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ СТРЕССОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

*Резюме.* В данном исследовании изучен индивидуально-типологический аспект влияния иммобилизационного стресса на поведенческую активность самцов белых крыс. Установлено, что характер влияния иммобилизации (гипокинезии) зависит от начальной поведенческой активности подопытных животных.

*Ключевые слова:* поведенческая активность, депрессивность, гипокинезия, стресс.

Недостаток данных о механизмах адаптации к стрессу у различных возрастных групп приводит к снижению эффективности профилактики или последующего лечения последствий влияния стрессового воздействия на организм. Особенно остро ощущается нехватка таких данных при изучении проблем возрастных заболеваний. Известно, что с возрастом увеличивается число больных такими заболеваниями как шизофрения, болезнь Паркинсона и т.д. [2]. Научные данные подтверждают связь этих заболеваний с дефицитом моноаминов (дофамина, серотонина, норадреналина) с одной стороны и влиянием стрессового фактора с другой [5]. В последние годы увеличилась частота встречаемости психических заболеваний и в молодом возрасте. Этот факт часто также связывают с влиянием стресса на организм.

На острый стресс человеческий организм отвечает поведенческими, вегетативными и эндокринными сдвигами (психовегетативный синдром) [4]. В то же время один и тот же стрессовый фактор вызывает психические расстройства у одной группы людей чаще, чем у другой. Последние генные исследования показали, что именно стресс подавляет нейрогенез и влечет за собой потерю структур некоторых нейронов головного мозга (лобные отделы коры, гиппокамп), которая является клеточной основой наблюдаемых повреждений в мозге у пациентов с депрессией [2, 3]. Повреждение гиппокампа может привести к ухудшению адаптивных возможностей индивидуума при последующих стрессорных воздействиях. Это может способствовать формированию синдромально очерченных тревожных, депрессивных, соматоформных расстройств [3]. Доминирование конкретного психопатологического синдрома зависит от конституциональных особенностей личности. Именно поэтому важно изучать индивидуально-типологические особенности организма для определения методов профилактики и последующего лечения больных. Для определения механизма



воздействия стресса на организм следует учитывать множество факторов, что затрудняет понимание нейробиологических основ депрессивных состояний [1]. Физиологи, нейроэтологи мира пытаются объяснить подобные явления с помощью проведения экспериментов на животных как наиболее информативном материале.

**Цель исследования:** установить возрастные особенности чувствительности к эмоциональному стрессу с учетом индивидуально-типологических особенностей.

В соответствии с целью, были поставлены следующие **задачи:**

1) используя показатели поведения в общепринятых тестах провести психогенетический анализ в двух популяциях белых крыс в возрасте 6 (зрелые) и 12 (старые) месяцев;

2) сопоставить параметры поведения животных разных возрастных групп, подвергшихся эмоциональному стрессу.

**Эксперимент был выполнен** на 60 половозрелых лабораторных крысах-самцах в возрасте 6 (масса  $180 \pm 7$  г) и 12 (масса  $350 \pm 12$  г) месяцев, содержащихся в стандартных условиях. Уровни депрессивности и поведенческой активности определялись с помощью стандартных методик «вынужденное плавание» (ВП) и «продырявленное поле» (ПП) соответственно.

Об уровне депрессивности животного судили по степени выраженности суммарного времени иммобилизации в ВП [6, 8]. В соответствии со значениями этого показателя группы крыс были разделены на подгруппы с различным уровнем депрессивности (УД): высоким, средним и низким.

Поведенческая активность определялась в ПП [4] по выраженности двигательной (количество пересеченных квадратов) и исследовательской (количество стоек и заглядываний в норки) активностей.

Состояние эмоционального стресса (иммобилизация) моделировалось путем помещения животного на 3 часа в течение 5 дней в индивидуальные клетки-пеналы [7]. На 5-е сутки животные проходили тестирование.

Первичные экспериментальные данные обрабатывались с помощью общепринятых методов математической статистики. Разделение исследуемых популяции животных на подгруппы с различными индивидуально-типологическими особенностями проводилось согласно правилу  $\pm 0,67\delta$ . Для оценки достоверности различий между контрольными и опытными значениями, а также между животными разных возрастов использовался U-критерий Манна-Уитни (в связи с ненормальным распределением выборок).

**Результаты и их обсуждение.** На диаграмме (рис. 1) приведено распределение животных на три подгруппы с разными уровнями депрессивности (высокой, средней и низкой) с учетом степени выраженности суммарного времени иммобилизации (ВрИм).

Популяция 6-ти месячных животных разделилась на приблизительно равные по количеству особей подгруппы (в среднем по 9-11 особей в каждой подгруппе, см. рис. 1, А). В группе годовалых крыс большая часть (18 особей) была отнесена к подгруппе со средним уровнем депрессивности (см. рис. 1, Б).

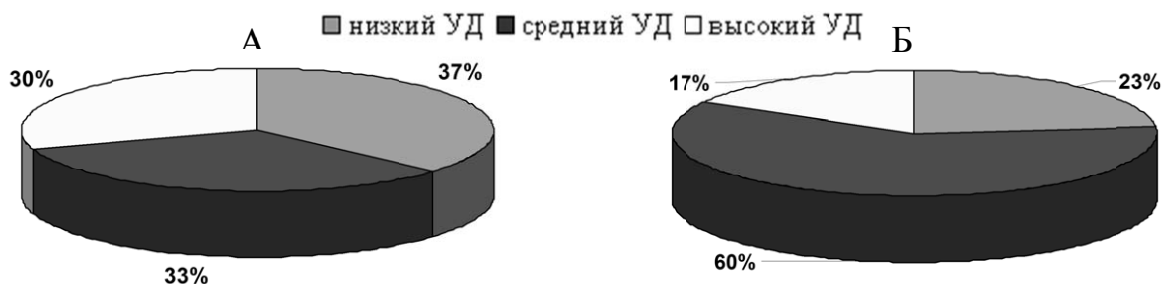


Рис. 1. Распределение животных на подгруппы с разным уровнем депрессивности (n=60).  
УД – уровень депрессивности, А – 6-ти месячные животные, Б – 12-ти месячные

При изучении влияния иммобилизации на подгруппы крыс возрастом 6 месяцев было обнаружено разнонаправленное действие этого стрессового фактора на маркерный показатель – суммарное время иммобилизации. Так, в подгруппе с низким УД значение ВрИм (рис. 2, А) увеличилось относительно исходных данных на  $43,2 \pm 3,41\%$  ( $p_u < 0,05$ ), в группах с высоким УД этот показатель сократился на  $70,0 \pm 6,83\%$  ( $p_u < 0,05$ ) ( $p_u < 0,05$ ) а в подгруппе со средним УД сокращение показателя на  $25,7 \pm 1,31\%$  не достигло уровня достоверности. Однако обращает на себя внимание увеличение (в среднем на  $28,9-43,0\%$ ,  $p_u < 0,05$ ) числа коротких (до 6 секунд) замираний в подгруппах с исходно крайней выраженностью уровня депрессивности. Кроме того, установлено угнетение эмоциональности во всех исходных подгруппах 6-месячных крыс, на что указывает сокращение количества фекальных болюсов у этих животных в среднем в 2,6-4,4 раз ( $p_u < 0,05$ ).

Абсолютные значения поведенческих характеристик в тесте вынужденного плавания представлены в таблице 1.

Таблица 1

Абсолютные значения показателей у 6-ти месячных крыс (n=30)

Группы	Исследование	t<6	6 <t<18	18<t<36	t>36	общее ВрИм, сек	дефекации
изкий УД (n=11)	Контроль	15,2±0,89 <sup>#</sup>	0,3±0,09 <sup>#</sup>	0,0±0,00	0,0±0,00	28,0±1,50 <sup>#</sup>	3,5±0,29 <sup>#</sup>
	Стресс	19,6±1,01	0,7±0,27*	0,0±0,00	0,0±0,00	40,1±4,64*	0,8±0,16 <sup>#*</sup>
средний УД (n=10)	Контроль	19,5±0,69	0,9±0,18	0,1±0,06	0,0±0,00	52,2±2,06	4,7±0,70
	Стресс	18,5±1,49	0,9±0,18	0,1±0,06	0,0±0,00	38,8±4,58*	1,8±0,28*
высокий УД (n=9)	Контроль	14,2±1,59 <sup>#</sup>	3,9±0,31 <sup>#</sup>	1,4±0,13 <sup>#</sup>	0,3±0,09	119,3±2,38 <sup>#</sup>	5,1±0,70
	Стресс	20,3±1,14*	0,6±0,13*	0,1±0,06*	0,0±0,00	35,8±4,12*	1,8±0,29*

Примечание: \* – отличия достоверны ( $p_u < 0,05$ ) при сравнении контроль-стресс; <sup>#</sup> – отличия достоверны ( $p_u < 0,05$ ) при сравнении показателей условного контроля (средний уровень депрессивности) с группами низкого и высокого уровней депрессивности.

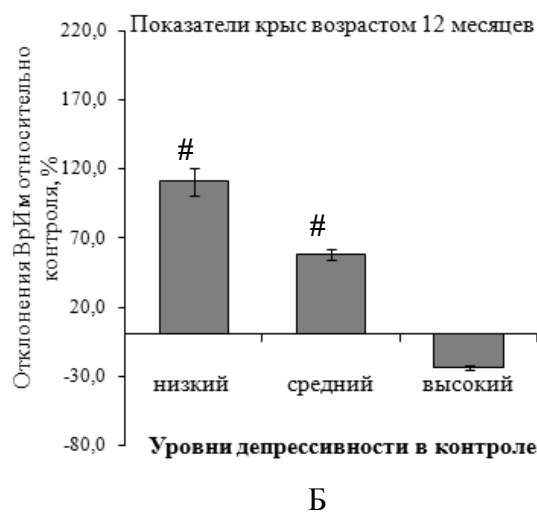
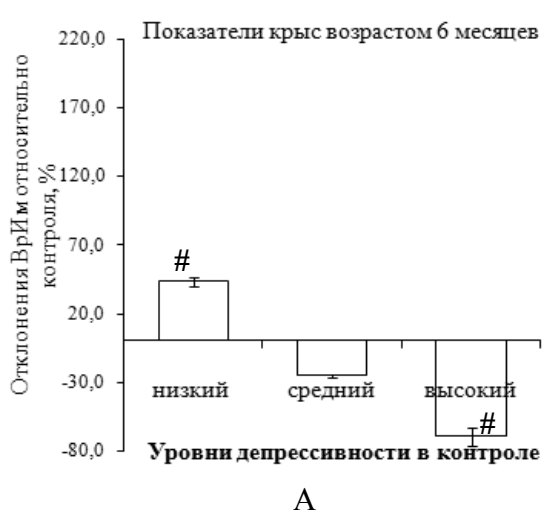


Рис. 2. Изменения суммарного времени иммобилизации относительно значений контрольного тестирования: за 0 приняты результаты контрольного тестирования (контроль №1), А – показатели крыс 6 месяцев, Б – показатели крыс 12 месяцев. # – разница статистически значима при  $p_u < 0,05$ .

В тесте «продырявленное поле» во всех подгруппах под действием иммобилизационного стресса выявлено снижение маркерных показателей – двигательной и исследовательской активностей – в среднем на 50,2-68,7% ( $p_u < 0,01$ ) и 43,6-71,4% ( $p_u < 0,01$ ) соответственно.

Старые крысы (12-месячные) оказались более чувствительными к действию эмоционального стресса. Так, в подгруппах с низким и средним УД, выявлено увеличение ВрИМ на  $110,8 \pm 12,75\%$  ( $p_u < 0,05$ ) и  $57,9 \pm 7,12\%$  ( $p_u < 0,05$ ) соответственно. Положительная направленность изменения количества коротких периодов замираний (их увеличение в среднем на 28,1-78,1%,  $p_u < 0,05$ ) наблюдалась во всех исходных подгруппах 12-ти месячных крыс. Относительно уровня эмоциональности можно отметить угнетение данного психоэмоционального показателя во всех подгруппах контроля ( $p_u < 0,05$ ).

В тесте «продырявленное поле» во всех подгруппах под действием иммобилизационного стресса выявлено снижение маркерных показателей – двигательной и исследовательской активности – в среднем в 1,5-3,2 раза ( $p_u < 0,05$ ) и 3,6-4,5 раза ( $p_u < 0,01$ ) соответственно.

Таблица 2

Абсолютные значения показателей поведения у 12-ти месячных крыс (n=30)

Группы	Исследование	t<6	6<t<18	18<t<36	t>36	общее ВрИм, сек	дефекации
низкий УД (n=7)	Контроль	7,3±0,54 <sup>#</sup>	0,0±0,00	0,0±0,00	0,0±0,00	12±0,74 <sup>#</sup>	3,9±0,44
	Стресс	13,0±1,06*	0,4±0,20*	0,0±0,00	0,0±0,00	25,3±3,07 <sup>#</sup>	2,7±0,65*
средний УД (n=18)	Контроль	12,1±0,75	0,2±0,08	0,0±0,00	0,0±0,00	24,2±1,26	4,1±0,52
	Стресс	15,5±1,48	1,1±0,38	0,1±0,06	0,0±0,00	38,2±2,97	3,0±0,38
высокий УД (n=5)	Контроль	9,6±0,28 <sup>#</sup>	3,0±0,29 <sup>#</sup>	0,2±0,08	0,4±0,16 <sup>#</sup>	61,0±2,76 <sup>#</sup>	4,2±0,24
	Стресс	13,4±3,44*	3,0±0,55 <sup>#</sup>	0,2±0,20	0,0±0,00*	46,5±5,42 <sup>#*</sup>	1,8±0,72 <sup>#*</sup>

Примечание: \* – отличия достоверны ( $p_u < 0,05$ ) при сравнении контроль-стресс; <sup>#</sup> – отличия достоверны ( $p_u < 0,05$ ) при сравнении показателей условного контроля (средний уровень депрессивности) с группами низкого и высокого уровней депрессивности.

**Выводы.** Установлено, что среди старых животных максимальное количество особей характеризуется средними значениями уровня депрессивности. 6-ти месячные животные распределяются по подгруппам с разными УД в практически одинаковых долях. Чувствительность к выбранному воздействию (гипокинезии) у животных разного возраста и разного исходного уровня выраженности показателя депрессивности отличается. Так, наиболее чувствительными к действию стресса являются годовалые животные. При установлении зависимости между исходным уровнем выраженности показателя депрессивности и результатом стрессового воздействия в обеих экспериментальных группах (зрелые и старые крысы) установлено, что чувствительными к воздействию оказываются низкодепрессивные в контроле животные.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авин А.И. Нарушение внутрикорковых взаимодействий при эндогенной депрессии / А.И. Авин // Журн.высш.нервн.деят. – 1992. – Т. 42, вып. 1. – С. 157-160.
2. Андрух П.Г. Этиология, нейрохимия и клиника современных форм тревожно-депрессивных расстройств / П.Г. Андрух // Мед. исследов. – 2001. – Т. 1, вып. 1. – С. 109-110.
3. Гормональная функция гипофизарно-адренкортикальной системы в патогенетической гетерогенности постстрессорных депрессий / В.Г. Шаляпица, В.В. Ракицкая, М.Г. Семенова, О.Г. Семенова // Рос.физиол.журн. – 2006. – Т. 92, № 4. – С. 480-487.
4. Калуев А.В. Стресс, тревожность и поведение: актуальные проблемы моделирования тревожного поведения у животных / А.В. Калуев. – К.: CSF, 1998. – 98 с.
5. Судаков К.В. Экспериментальные подходы к индивидуальной медицине: зависимость эффектов фармакологического воздействия от характера поведения животных / К.В. Судаков, А.В. Котов, С.С. Перцов // Вестн. Уральской мед. академической науки. – 2004. – № 1. – С. 51-57.
6. Abel E.L. Behavioral effects of isatin on open field activity and immobility in the forced swim test in rats / E.L. Abel // Physiol.Behav. – 1995. – № 57. – P. 611-613.
7. Karakoc Y., Sibel Turhan L., Ejder Akgun Yildirim S., Murat Mengi L., Yurdakoc Er., Barutcu B. Neuropeptide Y alters stress-induced changes in trace element concentrations of brain in chronically immobilized rats // The Jour. of Trace Elements in Exper. Med. – 2004. – Vol. 17, is. 4. – P. 283 – 290.
8. Porsolt R.D. Animal models of depression. Utility for transgenic research // Rev. Neurosci. – 2000. – № 11. – P. 53—59.

УДК 581.15

*Золотой А.Л.*

*Научный руководитель: Сафонов А.И., к.б.н., зав. кафедрой, доцент*

### **ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ВАЛЕНТНОСТИ И ТОЛЕРАНТНОСТИ ВИДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭКОТОПОВ г. ДОНЕЦК**

*Резюме.* В данном исследовании определены и проанализированы показатели валентности видов промышленных экотопов с помощью экологических шкал Цыганова. Рассчитаны и проанализированы индексы толерантности по климатическим и эдафическим факторам.

*Ключевые слова:* фитоиндикация, промышленный экотоп, экологическая валентность, индекс толерантности, экологическая шкала.

Применение методов оценки экологической валентности и толерантности видов является традиционным при исследованиях экологического разнообразия растительного покрова. Использование показателей валентности может достаточно широко применяться для составления характеристик экотопов экосистем, а также для оценки экологических позиций различных видов, что является актуальным для промышленного региона [1, 2].

Подобные исследования впервые регионально апробированы для промышленных экотопов г. Донецка.

Цель работы - провести оценку показателей валентности и толерантности видов промышленных экотопов г. Донецк.

Для достижения цели работы были поставлены следующие задачи:

- 1) определить виды растений, произрастающие на различных промышленных территориях г. Донецк;
- 2) определить и проанализировать показатели валентности видов с помощью экологических шкал Д.Н. Цыганова;
- 3) определить и проанализировать индексы толерантности видов.

Сбор материала осуществляли в следующих зонах: зона контроля (территория, прилегающая к Донецкому ботаническому саду); селитебная зона (ул. Розы Люксембург, ул. Артема, ул. Щорса); зона путей связи (Путиловский автовокзал,

Южный автовокзал); зона, прилегающая к городским ставкам (парк им. Щербакова, городские ставки).

Объектами исследования послужили следующие виды растений: *Reseda lutea* L.; *Centaurea scabiosa* L.; *Asarum europaeum* L.; *Achillea nobilis* L.; *Euphorbia esula* L.; *Plantago major* L.; *Salvia verticillata* L.; *Melilotus officinalis* (L.) Lam.; *Stipa pennata* L.; *Bromus arvensis* L.; *Elytrigia repens* L.; *Viola odorata* L.; *Veronica spicata* L.; *Tussilago farfara* L.; *Stachys annua* (L.) L.; *Tribulus terrestris* L.; *Cichorium intybus* L.; *Taraxacum officinale* Wigg.; *Cirsium arvense* L. Scop.; *Tanacetum vulgare* L.; *Inula helenium* L.; *Berteroa incana* (L.) DC.; *Arctium tomentosum* Mill.; *Artemisia vulgaris* L.; *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.; *Lamium album* L.; *Poa annua* L.; *Datura stramonium* L.; *Lycopsis orientalis* L.; *Eryngium campestre* L.; *Tragopogon major* Jacq.; *Galium aparine* L.

Предмет исследования – информативные показатели видов, произрастающих в промышленных экотопах.

Методы исследований, используемые в данной работе: полевой метод [3]; метод определения показателей валентности [1]; метод определения индексов толерантности [1].

Для получения наиболее полного флористического списка осмотр территорий проводили следующим образом: сначала обходили площадки по периметру и записывали все встреченные виды, затем пересекали площадку по диагоналям, дополняя список растений [3].

После определения видового разнообразия устанавливали их показатели валентности и индексы толерантности по шкалам Д.Н. Цыганова [2, 4, 5, 6]. Полученные результаты соотносили по фракциям валентности и толерантности.

В основе распределения видов по фракциям валентности лежит правило, согласно которому виды, занимающие менее 1/3 шкалы относятся к стеновалентной фракции, более 2/3 шкалы - к эвривалентной, остальные виды – к мезовалентной. Последние могут быть разделены на гемистено-, мезо- и гемиевривалентные фракции. Популяции стеновалентных видов характеризуются низкой потенциальной экологической валентностью и могут выдерживать лишь ограниченные изменения определенного экологического фактора, а популяции эвривалентных видов – с высокой потенциальной экологической валентностью – способны занимать различные местообитания с чрезвычайно изменчивыми условиями по данному фактору. Для распределения видов по группам толерантности применяется тот же принцип, что и для распределения видов по фракциям экологической валентности. Соответственно, виды занимающие менее 1/3 шкалы относят к стенобионтной фракции; виды, занимающие более 2/3 шкалы - к эврибионтной, остальные - к мезобионтной. Последние могут быть разделены на гемистено-, мезо- и гемиеврибионтные фракции [1].

В таблицах 1.1 - 1.8 представлено распределение видов по фракциям валентности и по индексам толерантности по отношению к климатическим и почвенным факторам для исследуемых экотопов.

Для зоны контроля, доминирующими фракциями по отношению к шкале термоклиматичности являются гемиевривалентная и гемистеновалентная; к шкале континентальности - эвривалентная; к шкале омброклиматичности - мезовалентная; к шкале криоклиматичности - мезовалентная; к шкале освещенности/затененности - мезовалентная; к шкале увлажнения почв - стеновалентная; к шкале трофности - стеновалентная; к шкале азотообеспеченности - гемистеновалентная; к шкале кислотности - мезовалентная; к шкалы переменности увлажнения - стеновалентная.

Следует отметить отсутствие стеновалентной фракции для экологической шкалы термоклиматичности и континентальности, а также отсутствие гемиевривалентной фракции для фактора освещенности, трофности и кислотности (табл. 1).

Таблица 1

Распределение видов по фракциям валентности по отношению к климатическим и почвенным факторам в зоне контроля (составлена автором, 2018 г.)

Экологическая шкала	Фракция валентности				
	СВ, %	ГСВ, %	МВ, %	ГЭВ, %	ЭВ, %
Tm	0,0	29,2	33,3	29,2	8,3
Kn	0,0	8,3	12,5	4,2	75,0
Om	16,7	12,5	29,2	20,8	20,8
Cr	16,7	4,2	29,2	12,5	37,5
Lc	25,0	25,0	41,7	0,0	8,3
Hd	29,2	16,7	20,8	29,1	4,2
Tr	37,5	12,5	25,0	0,0	25,0
Nt	4,2	33,3	8,3	29,2	25,0
Rc	8,3	12,5	20,8	0,0	58,3
fH	50,0	29,2	4,2	8,3	8,3

Доминирующей фракцией толерантности для климатического индекса толерантности является эврибионтная фракция. Стенобионтная фракция отсутствует. Что касается почвенного индекса толерантности, то доминирующими являются мезобионтная и гемиеврибионтная фракции (табл. 2).

Таблица 2

Распределение видов по фракциям толерантности по отношению к климатическим и почвенным индексам толерантности в зоне контроля (составлена автором, 2018 г.)

Индекс толерантности	Фракция толерантности				
	СБ, %	ГСБ, %	МБ, %	ГЭБ, %	ЭБ, %
It (клим.)	0,0	16,7	25,0	25,0	33,3
It (почв.)	8,3	20,8	25,0	25,0	20,8

Для селитебной зоны, доминирующими фракциями по отношению к шкале термоклиматичности являются мезовалентная и гемиеввивалентная; к шкале континентальности - эвивалентная; к шкале омброклиматичности - эвивалентная; к шкале криоклиматичности - мезовалентная; к шкале освещенности/затененности - гемистеновалентная; к шкале увлажнения почв - стеновалентная; к шкале трофности - стеновалентная; к шкале азотообеспеченности - гемиеввивалентная; к шкале кислотности - эвивалентная; к шкале переменности увлажнения - стеновалентная.

Следует отметить отсутствие стеновалентной фракции для экологической шкалы термоклиматичности и континентальности; гемистеновалентной - для шкалы криоклиматичности; гемиеввивалентной и эвивалентной - для шкалы освещенности/затененности (табл. 3).

Таблица 3

Распределение видов по фракциям валентности по отношению к климатическим и почвенным факторам в селитебной зоне (составлена автором, 2018 г.)

Экологическая шкала	Фракция валентности				
	СВ, %	ГСВ, %	МВ, %	ГЭВ, %	ЭВ, %
Tm	0,0	20,8	33,3	33,3	12,5
Kn	0,0	4,2	8,3	4,2	83,3
Om	8,3	8,3	29,2	16,7	37,5
Cr	8,3	0,0	29,2	8,3	54,2
Lc	29,2	37,5	33,3	0,0	0,0
Hd	25,0	12,5	20,8	37,5	4,2
Tr	33,3	16,7	20,8	4,2	25,0
Nt	8,3	25,0	12,5	37,5	16,7
Rc	8,3	20,8	12,5	4,2	54,2
fH	54,2	25,0	8,3	8,3	4,2

Доминирующей фракцией толерантности для климатического индекса толерантности является эврибионтная фракция. Стенобионтная фракция отсутствует. Что касается почвенного индекса толерантности, то доминирующей является мезобионтная фракция (табл. 4).

Таблица 4

Распределение видов по фракциям толерантности по отношению к климатическим и почвенным индексам толерантности в селитебной зоне (составлена автором, 2018 г.)

Индекс толерантности	Фракция толерантности				
	СБ, %	ГСБ, %	МБ, %	ГЭБ, %	ЭБ, %
It (клим.)	0,0	8,3	25,0	16,7	50,0
It (почв.)	8,3	16,7	33,3	25,0	16,7

Для зоны путей связи, доминирующими фракциями по отношению к шкале термоклиматичности является гемизэвивалентная; к шкале континентальности - эвивалентная; к шкале омброклиматичности - эвивалентная; к шкале криоклиматичности - эвивалентная; к шкале освещенности/затененности - гемистеновалентная; к шкале увлажнения почв - стеновалентная; к шкале трофности - стеновалентная; к шкале азотообеспеченности - гемистеновалентная; к шкале кислотности - эвивалентная; к шкале переменности увлажнения - стеновалентная.

Следует отметить отсутствие стеновалентной фракции для экологической шкалы термоклиматичности и континентальности; гемизэвивалентной и эвивалентной - для шкалы освещенности/затененности (табл. 5).

Таблица 5

Распределение видов по фракциям валентности по отношению к климатическим и почвенным факторам в зоне путей связи (составлена автором, 2018 г.)

Экологическая шкала	Фракция валентности				
	СБ, %	ГСБ, %	МБ, %	ГЭБ, %	ЭБ, %
Tm	0,0	29,2	20,8	37,5	12,5
Kn	0,0	4,17	12,5	12,5	70,8
Om	16,7	4,2	25,0	20,8	33,3
Cr	16,7	4,2	12,5	12,5	54,1
Lc	29,2	37,5	33,3	0,0	0,0
Nd	33,3	16,7	12,5	29,2	8,3
Tr	37,5	8,3	16,7	4,2	33,3
Nt	12,5	33,3	12,5	16,7	25,0
Rc	8,3	20,8	16,7	0,0	54,2
fH	50,0	29,2	8,3	8,3	4,2

Доминирующей фракцией толерантности для климатического индекса толерантности является эврибионтная фракция. Стенобионтная фракция отсутствует. Что касается почвенного индекса толерантности, то доминирующей является гемизэвивалентная фракция (табл. 6).

Таблица 6

Распределение видов по фракциям толерантности по отношению к климатическим и почвенным индексам толерантности в зоне путей связи (составлена автором, 2018 г.)

Индекс толерантности	Фракция толерантности				
	СБ, %	ГСБ, %	МБ, %	ГЭБ, %	ЭБ, %
It (клим.)	0,0	16,7	16,7	12,5	54,2
It (почв.)	8,3	25,0	16,7	29,2	20,8

Для зоны ставок, доминирующими фракциями по отношению к шкале термоклиматичности является гемизэвивалентная; к шкале континентальности -

эвривалентная; к шкале омброклиматичности - эвривалентная; к шкале криоклиматичности - эвривалентная; к шкале освещенности/затененности - гемистеновалентная; к шкале увлажнения почв - гемистеновалентная; к шкале трофности - эвривалентная; к шкале азотообеспеченности - гемистеновалентная; к шкале кислотности - эвривалентная; к шкале переменности увлажнения - стеновалентная.

Следует отметить отсутствие стеновалентной фракции для экологической шкалы термоклиматичности и континентальности; гемиэвривалентной - для шкалы освещенности/затененности (табл. 7).

Таблица 7

Распределение видов по фракциям валентности по отношению к климатическим и почвенным факторам в зоне ставков (составлена автором, 2018 г.)

Экологическая шкала	Фракция валентности				
	СВ, %	ГСВ, %	МВ, %	ГЭВ, %	ЭВ, %
Tm	0,0	25,0	25,0	33,3	16,7
Kn	0,0	4,2	12,5	12,5	70,8
Om	20,8	4,2	20,8	16,7	37,5
Cr	12,5	4,2	29,2	8,3	45,8
Lc	29,2	33,3	29,2	0,0	8,3
Hd	20,8	16,7	25,0	29,2	8,3
Tr	29,2	12,5	16,7	8,3	33,3
Nt	4,2	37,5	8,3	29,2	20,8
Rc	8,3	20,8	12,5	4,2	54,1
fH	45,8	16,7	12,5	16,7	8,3

Доминирующей фракцией толерантности для климатического индекса толерантности является эврибионтная фракция. Стенобионтная фракция отсутствует. Что касается почвенного индекса толерантности, то доминирующей является гемиэврибионтная фракция (табл. 8).

Таблица 8

Распределение видов по фракциям толерантности по отношению к климатическим и почвенным индексам толерантности в зоне ставков (составлена автором, 2018 г.)

Индекс толерантности	Фракция толерантности				
	СБ, %	ГСБ, %	МБ, %	ГЭБ, %	ЭБ, %
It (клим.)	0,0	20,8	16,7	12,5	50,0
It (почв.)	8,3	20,8	16,7	33,3	20,8

При комплексном анализе показателей экологической валентности было установлено, что, в целом, они схожи для всех исследуемых территорий. Следует отметить, что во всех экотопах отсутствует стеновалентная фракция по отношению к экологической шкале термоклиматичности и континентальности, а также гемиэвривалентная - для шкалы освещенности/затененности. При исследовании индексов толерантности было установлено, что по отношению к климатическому индексу толерантности, для всех исследуемых территорий характерно отсутствие стенобионтной фракции толерантности; при этом доминирующей фракцией является эврибионтная фракция. По отношению к почвенному индексу толерантности доминирующими выявлены мезобионтная (зона контроля, селитебная зона) и гемиэврибионтная (зона путей связи, зона городских ставков) фракции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жукова Л.А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / Л.А. Жукова. – Йошкар-Ола, 2010. – 368 с.
2. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 196 с.



3. Кашин А.С. Методы изучения ценопопуляций цветковых растений: учебно-методическое пособие для магистров биологического факультета / А.С. Кашин. – Саратов, 2015. – 127с.
4. Булохов А.Д. Фитоиндикация и ее практическое применение / А.Д. Булохов. – Брянск: Изд-во БГУ, 2004. – 245 с.
5. Дидух Я.П. Фитоиндикация экологических факторов / Я.П. Дидух, П.Г. Плюта. – К., 1994. – 280 с.
6. Лазарева Г. А. Экологический анализ растительных сообществ. Экологические шкалы и эколого-ценотические группы: учебное пособие / Г.А. Лазарева [и др.]. – гос. ун-т "Дубна". – Дубна, 2017. – 59 с.

УДК 57.044

**Казаренко Н.В.**  
**Научные руководители: Беспалова С.В., д.физ-мат. н., профессор,**  
**Чуфицкий С.В., ст. преподаватель**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ АЦЕТОНА НА ФЛУОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОВОДОРОСЛИ CHLORELLA VULGARIS**

*Резюме.* В данном исследовании изучено воздействие ацетона в концентрации 1.7, 0.86 и 0.17 ммоль/л на основные параметры флуоресценции культуры зеленой микроводоросли *Chlorella vulgaris*.  
*Ключевые слова:* фитопланктон, флуоресценция, ацетон, параметры флуоресценции, фотосистема.

В процессе роста и развития растения подвергаются воздействию различных стрессовых факторов физической и химической природы. В ответ на эти воздействия в растении развивается стрессовая реакция, которая приводит к ингибированию фотосинтетических реакций, а при сильном стрессе даже к гибели растений. Известно, что фотосинтетический аппарат растений является одной из клеточных систем, чувствительных к действию стрессовых факторов внешней среды, в частности химической природы. В последние десятилетия наблюдается заметное загрязнение окружающей среды, которое наряду с нарастанием стрессов, вызванных изменением климата, приводит к усилению интенсивности действия химических факторов. В частности, возрастает негативное действие на растения стресса, индуцируемого действием загрязнителей [1].

Вопрос воздействия ацетона на процесс фотосинтеза мало изучен. В большинстве литературных источниках ацетон рассматривается либо как растворитель при спектрофотометрическом анализе, либо как вещество для экстракции фотопигментов [2]. Однако в качестве поллютанта данное соединение не рассматривается, не смотря на активное его применение в лакокрасочной промышленности.

Фитопланктон является одним из самых чувствительных к воздействию различных промышленных поллютантов водной среды и является своего рода мишенью для токсинов, поступающих в водные экосистемы. Токсическое действие проявляется в нарушении функционирования фотосинтетического аппарата (ФСА), прежде всего фотосистемы 2 (ФС 2), которая является наиболее чувствительной к действию стрессовых факторов [3]. При ингибировании токсикантами различных реакций метаболизма клетки избыточная энергия света, не используемая в реакциях фотосинтеза, вызывает появление активных форм кислорода, приводящих к фотодеструкции хлорофилла и клеточных структур [4].

Флуоресценция хлорофилла *a* во время фотосинтеза является мерой энергии поглощаемых квантов света, которые не были использованы в процессе фотосинтеза, и не были рассеяны в виде тепла [5]. При нормальной и эффективной работе фотосинтетических реакций интенсивность флуоресценция хлорофилла *a* остается

низкой, а любое нарушение процесса фотосинтеза понижает его эффективность, что приводит к значительному увеличению флуоресценции [6].

Одним из перспективных способов оценки токсического воздействия загрязнителей на растительные организмы является регистрация флуоресценции хлорофилла. Оценка флуоресценции хлорофилла осуществляется по ряду основных ( $F_0$ ,  $F_M$ ,  $F_v$ , выход флуоресценции ( $F_v/F_M$ ) и множеству дополнительных параметров [4, 7]:

$F_0$  – начальная (минимальная) флуоресценция объектов, адаптированных к темноте. Данный параметр является индикатором энергетических потерь при передаче энергии возбуждения от антенны к реакционному центру ФС 2 [7, 8].

$F_M$  – максимальная флуоресценция. Определяется после темновой адаптации с помощью насыщающего импульса света (который может насытить фотохимические реакции в реакционном центре ФС 2) продолжительностью от 0,8 до 2 с. [4, 8].

$F_v = F_M - F_0$  – переменная флуоресценция. Параметр  $F_v$  представляет собой разницу между величинами флуоресценции хлорофилла  $F_M$  и  $F_0$  (измеренными после темновой адаптации). Низкое значение этого показателя указывает на понижение ФС-активности и рассеивание энергии возбуждения в виде тепла. Значение  $F_v$  уменьшается под воздействием стрессовых факторов окружающей среды (низкие или высокие температуры, замораживание и т. д.), которые вызывают повреждение тилакоидов [9].

$F_v/F_M$  – выход флуоресценции. Квантовый выход флуоресценции условно отражает эффективность работы фотосинтетического аппарата и представляет собой отношение общей световой энергии к количеству световой энергии использованной в процессе фотосинтеза. Многочисленные исследования подтверждают, что данный параметр отражает потенциальную квантовую эффективность ФС 2 и может быть использован в качестве надежного индикатора фотохимической активности фотосинтетического аппарата [8].

Флуоресценция хлорофилла является полезным и чувствительным методом для индикации изменений не только ФС2, но и ФСА в целом и позволяет контролировать эти изменения не только в физиологических, но и в стрессовых условиях. Так, метод флуоресценции для индикации состояния ФСА успешно используется при исследовании действия поллютантов [10].

**Материалы и методы исследования.** Для измерения флуоресценции хлорофилла был использован анализатор фитопланктона PHTO-PAM-ED (*Heinz Walz GmbH*, Германия), оснащенный кольцевыми светодиодными матрицами измерительного света (470, 520, 645 и 665 нм) и актиничного света (655 нм) в нижней части измерительной головки; они оснащены кольцом фильтров с 18 пропускающими короткие (< 695 нм) волны фильтрами, а также фотоэлектрическим датчиком, основанным на фотоэлектрическом умножителе H-6779-01 (Hamamatsu) с блоком оптических фильтров, пропускающих длины волн более 710 нм, подобранным для получения низкого уровня фонового сигнала.

В качестве объекта исследования использовалась культура зеленых одноклеточных водорослей *Chlorella vulgaris*, которая характеризуется высокой скоростью роста, а также простыми условиями культивации. Культуру выращивали при освещенности 1060 Люмен с помощью светодиодной лампы Uniel LED-A60-10W/SPRF/E27/C на среде Тамия со следующим составом:

Таблица 1

Состав среды Тамия

Название реагента	Концентрация г/л
$KNO_3$	5,0
$MgSO_4 \times 7H_2O$	2,5
$KH_2PO_4$	1,25
$FeSO_4 \times 7H_2O$	0,003
ЕДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота)	0,037

Для флуориметрического анализа состояния фотосинтетического аппарата исследуемого объекта проводилась регистрация начальной флуоресценции ( $F_0$ ), максимальной флуоресценции ( $F_M$ ), вариабельной флуоресценции ( $F_V$ ), хлорофилла (Chl) и выхода флуоресценции ( $Y$ ).

Суспензию микроводорослей разливали в стеклянные пробирки объемом 10 мл.

В качестве контрольной пробы использовали суспензию микроводорослей без добавления ацетона. Для измерения флуоресцентных показателей в контрольной пробе отбирали по 3 мл исследуемой суспензии.

При исследовании воздействия ацетона на монокультуру использовали растворы поллютанта со следующими концентрациями: 1,7, 0,86 и 0,17 ммоль/л. Соответствующее количество загрязнителя добавляли в пробирки с суспензией микроводорослей. Измерения флуориметрических параметров производили через 5, 15, 30 и 60 минут с момента добавления ацетона. Для каждой из исследуемой концентраций производили не менее 10 повторностей измерения.

Статистический анализ полученных экспериментальных данных проводили с помощью непараметрического статистического Т-критерия Вилкоксона для связанных выборок. Обработку экспериментальных данных проводили с помощью программ MS Excel и Statistica.

**Результаты исследования.** Согласно полученным результатам достоверное отличие ( $p < 0,05$ ) от контрольных значений для уровней  $F_0$  и  $F_M$  наблюдалось только для концентрации поллютанта 0,86 ммоль/л, тогда как аналогичные показатели для концентраций 1,7 и 0,17 ммоль/л были непоказательны (см. рис. 1-2).

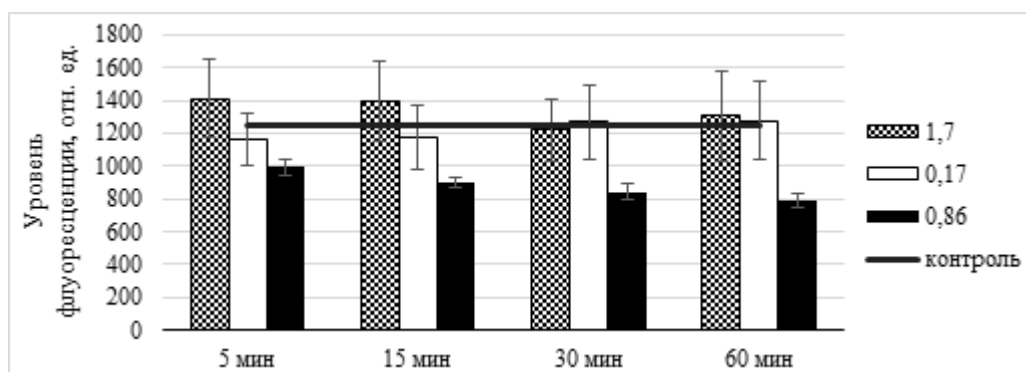


Рис. 1. Изменение уровня минимальной флуоресценции в зависимости от длительности воздействия различных концентраций ацетона

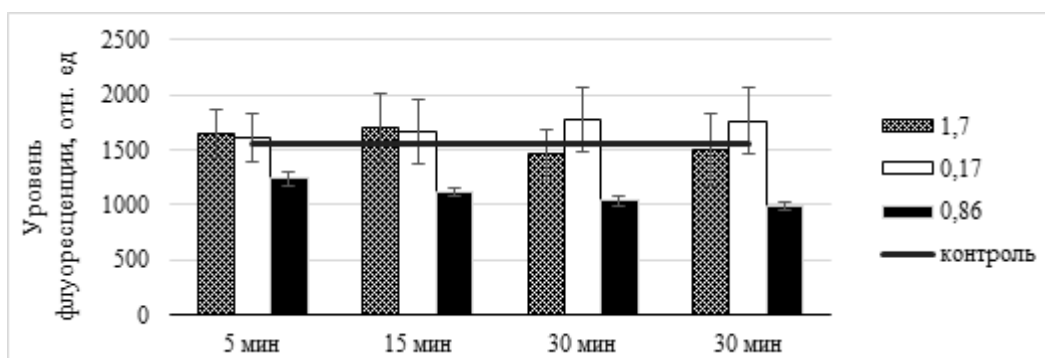


Рис. 2. Изменение уровня максимальной флуоресценции в зависимости от длительности воздействия различных концентраций ацетона

Показатели уровней  $F_0$  и  $F_M$  оказались малоинформативны, что, прежде всего, связано с малой длительностью воздействия загрязнителя. Однако, показатель вариабельной флуоресценции изменился с течением времени (см. рис. 3).

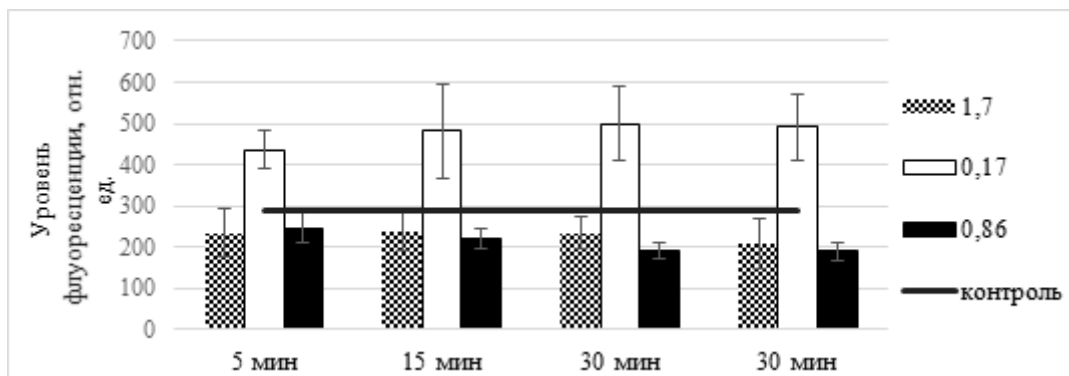


Рис. 3. Изменение уровня переменной флуоресценции в зависимости от длительности воздействия различных концентраций ацетона

Статистически значимые ( $p < 0.05$ ) изменения относительно контрольных значений для концентрации ацетона равной 1,7 ммоль/л наблюдались после 30 минут воздействия, для концентрации 0,86 ммоль/л – после 15 минут, а для концентрации 0,17 ммоль/л – после 5 минут воздействия.

Изменение уровня вариабельной флуоресценции в условиях экспресс-анализа водного образца, как правило, более информативно, чем уровни  $F_0$  и  $F_M$ .

Изменения, вызванные воздействием поллютанта, отразились на эффективном квантовом выходе флуоресценции. Для концентраций 1,7 и 0,86 ммоль/л значимые изменения произошли уже после 5 минут экспозиции. Негативное воздействие ацетона в концентрации 0,17 ммоль/л проявилось после 60 минут с момента добавления (см. рис. 4).

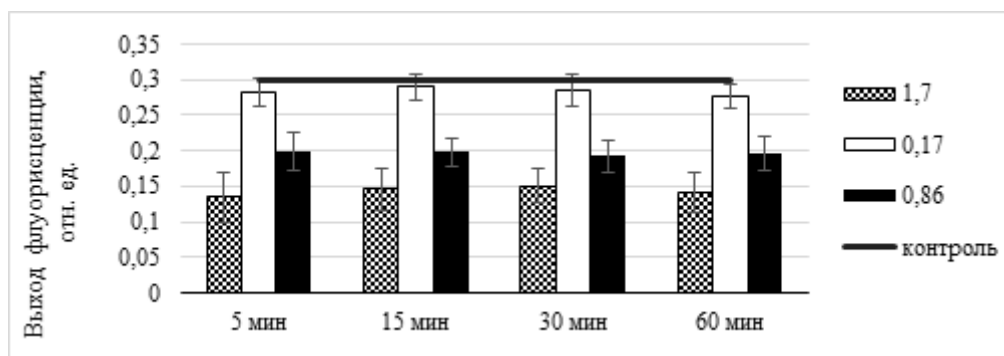


Рис. 4. Изменение выхода флуоресценции суспензии микроводорослей в зависимости от длительности воздействия различных концентраций ацетона

Кроме перечисленных флуориметрических показателей, производилась оценка общего содержания хлорофилла в исследуемых пробах. Изменения концентрации хлорофилла не происходило независимо от концентрации ацетона, что указывает на отсутствие гибели клеток исследуемой культуры микроводорослей.

Среди исследуемых флуориметрических параметров наиболее информативным показателем является изменение квантового выхода флуоресценции. Изменение данного показателя имело выраженный концентрационный эффект, а также проявлялось за наименьший промежуток времени. Тогда как время проявления изменения уровней  $F_0$ ,  $F_M$  и  $F_V$  не зависело от вносимых концентраций ацетона.

#### Выводы

1. Ацетон в концентрациях 1,7 и 0,86 ммоль/л оказывает выраженное токсикологическое действие на фитопланктон.

2. Уровни  $F_0$ ,  $F_M$  и  $F_V$  отражают присутствие токсиканта в питательной среде, однако время проявления изменений уровней этих параметров не имеет прямой зависимости от концентрации ацетона.

3. Квантовый выход флуоресценции хлорофилла является наиболее информативным параметром при оценке воздействия различных концентраций ацетона.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kummerova M. Effect of fluorantheneon growth and primary processes of photosynthesis in faba bean and sunflower / M. Kummerova, E. Kmentova, J. Koptikova // Plant Production (Rostlinna Vyroba).- 2001. 47: 344–351.
2. Чакчир Б. А., Алексева Г. М. Фотометрические методы анализа: Методические указания. — СПб.: Изд-во СПХФА, 2002.— 44 с.
3. Погосян С.И. Состояние растительных организмов в природных условиях и окислительное повреждение фотосинтетического аппарата. // автореф. докторской диссерт. М. 2003. -56 с.
4. Маторин Д.Н., Рубин А.Б. Флуоресценция хлорофилла высших растений и водорослей, 2012.-256 с.
5. Kalaji M. Reakcje aparatu fotosyntetycznego siewek kukurydzy na stres solny. / Rutkowska A // Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 2004. 496:545–558.
6. Lichtenthaler H.K. The role of chlorophyll fluorescence in the detection of stress conditions in plants. / Rinderle U. // CRC Critical Rev. Anal. Chem.- 1988.
7. Гольцев В. Н., Каладжи М. Х., Кузманова М. А., Аллахвердиев С. И. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла а – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений. – М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. – 220 с.
8. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. — Киев: Альтерпрес, 2002. — 188 с.
9. Reigosa R.M.J. Fluorescence techniques. In: Handbook of Plant Ecophysiology Techniques (Reigosa R.M. ed.) / Weiss O // Acad. Publ., Dordrecht, the Netherlands.-2001, p. 155–171.
10. Tuba Z. Chlorophyll a fluorescence measurements for validating the tolerant bryophytes for heavy metal (Pb) biomapping / Saxena D.K., Srivastava K., Singh S., Czobel S., Kalaji H.M.. // Curr. Sci. - 2010 98 (11): 1505-1508.

УДК 581.5 : 582.477 : 581.3 : 582.683.2 : 504.064.36 (477.60)

*Киселева Д.В.*

*Научный руководитель: Сафонов А.И., к.б.н., доцент, зав. кафедрой*

#### **МОРФОТИПИЧЕСКАЯ ГЕТЕРОГЕННОСТЬ ПЛОДОВ *CICHORIUM INTYBUS* L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ СРЕДЫ**

*Резюме.* В данной работе представлены результаты фитоиндикационного эксперимента по установлению доступной информации о состоянии экотопов по показателям морфоструктурной разнокачественности вида-индикатора *Cichorium intybus* L.

*Ключевые слова:* фитоиндикация, экологический мониторинг, *Cichorium intybus* L.

Актуальность темы определяется возможностью использования растений с широкой экологической амплитудой в качестве биоиндикаторов для экологического мониторинга. Для техногенных экотопов Донбасса система напряжения на природную среду высока и требует разработки критериев для факториального и комплексного экологического нормирования [1-4]. Учеными Донбасса к сегодняшнему дню накоплен определенный теоретический и практический материал для проведения фитоиндикационного мониторинга в регионе [1, 2, 5-8], требующий продолжения разработок и детализации структур и критериев для оценивания.

Наши предыдущие публикации касались разработок методологических подходов по шкалообразованию, установлению последовательности процедур при использовании растений-индикаторов разного целевого назначения и практического применения, разных функциональных особенностей растений, строения их аппаратной системы в разные периоды их онтогенеза [9-10].

Рассматриваемые и используемые подходы в процедуре установления причинно-следственных связей в системе реакций растительных организмов на неблагоприятные условия среды имеют место в разработках и изобретениях ученых России [11].

Специализированная тематика изучения растений в их генеративной структурной разнокачественности основана на классических разработках ученых [12-13] и полученных нами региональных данных по критериям пластичности и толерантности фитообъекта. Из перечня разнообразных показателей по структурно-функциональной организации растений в экологическом мониторинге растений наиболее тактически значимыми являются критерии генеративной сферы. На основании этих классических представлений по эмбриологии растений усовершенствуются и прикладные вопросы внедрения карполого-эмбриологических фитохарактеристик в программах мониторинга, определения фитопригодности природных сред и методов внедрения растений-тесторов в диагностические программы, изучения семенного материала в консервированном виде в компоненте эдафосреды и др. [7]. Следовательно, модельные мониторинговые технологии на локальном уровне могут быть уместно использованы экологическими учреждениями при проведении оценки окружающей среды в промышленно напряженном регионе. Проведение данных исследований фитоиндикационной оценки требует четко поставленных целей и способов их получения, которые основываются на глубоких знаниях фитоиндикации.

Цель работы – установить информационно-индикаторную значимость строения плодов *Cichorium intybus* L. в норме и патологии для экотопов Донбасса разной токсической нагрузки антропогенной составляющей.

Анализировали плоды *Cichorium intybus* L. в местах сбора в непосредственной близости от предприятий-загрязнителей и на условно удаленных экотопах для ориентировочного контроля: 1) Енакиевский металлургический завод, 2) Макеевский металлургический комбинат, 3) Донецкий металлургический завод, 4) Зуевская ТЭС, 5) Старобешевская ТЭС, 6) Енакиевский коксохимзавод, 7) Макеевский коксохимзавод, 8) ПАО "Кондратьевский огнеупорный завод"; 9) Константиновский ветсанутильзавод по производству мясо-костной муки; 10) экотоп интенсивного влияния автомобильного транспорта в г. Константиновке, 11) населенный пункт Алексеево-Дружковка (луг) – для условного контроля; 12) буферная территория ООПТ Донецкий Кряж, 13) парк Ленинского комсомола, г. Донецк, 14) территория дендрария ГУ "Донецкий ботанический сад".

С целью установления особенностей строения плодов вида растения использовали подход косоугольного освещения. Для измерительных исследований получали объем выборки в количестве 200 экземпляров для каждого мониторингового экотопа. Диапазон показателей подвергали процессу получения 10-балльной шкалы с дальнейшим проведением корреляционного анализа. Метод структурной диагностики был ориентирован на установления формы, скульптурированности семенного материала – плодов для характеристики каждой пробной площадки. Поставленная задача в большинстве измерительных проб была реализована с использованием учебного бинокля и многократного фотографирования объектов.

Для установления связи в системе "структура – условие" или причин появления атипичных гетероструктурных элементов был предложен следующий статистический аппарат при формировании шкал. Определяли показатели:

1) *VarFCi* – показатель комплексного варьирования формы плода *C. intybus* (при типификации шарообразных, эллипсоидных, суженных, загнутых, треугольных, узкояйцевидных, обратноузкояйцевидных, бочковидных, заостренных и тупоугольных в области коронки);

2) *VarSFCi* – показатель вариации скульптуры поверхности плодов *C. intybus*;

3) *KDNECi* – частота встречаемости деформированного или несформированного зародыша *C. intybus*;

4) *KTrSCi* – частота встречаемости тератологической синкотилии *C. intybus*;

5) *KTrShCi* – частота встречаемости тератологической схизокотилии *C. intybus*.

Предложенные к испытанию показатели ранжировали по 10-бальной шкале, результаты которой представлены в табл. 1.

Таблица 1

Шкала показателей структурной пластичности плодов *Cichorium intybus* L.

№ интервала (индекс)	<i>VarFCi</i> , количество форм	<i>VarSFCi</i> , по скульптуре	<i>KDNECi</i> , %	<i>KTrSCi</i>	<i>KTrShCi</i>
1	1	1-2	<1,00	<1,00	<2,00
2	1	1-3	1,00-1,99	1,00-2,49	2,00-3,99
3	1	1-4	2,00-2,99	2,50-3,99	4,00-5,99
4	2-3	2-5	3,00-3,99	4,00-5,49	6,00-7,99
5	4-5	2-6	4,00-4,99	5,50-6,99	8,00-9,99
6	6	3-7	5,00-5,99	7,00-8,49	10,00-14,99
7	7	3-8	6,00-6,99	8,50-9,99	15,00-19,99
8	8	4-9	7,00-7,99	10,00-11,49	20,00-24,99
9	9	4-10	8,00-8,99	11,50-12,99	25,00-29,99
10	10	5-10	≥9,00	≥13,00	≥30,00

*Примечание:* *VarFCi* – показатель комплексного варьирования формы плода *C. intybus*; *VarSFCi* – показатель вариации скульптуры поверхности плодов *C. intybus*; *KDNECi* – частота встречаемости деформированного или несформированного зародыша *C. intybus*; *KTrSCi* – частота встречаемости тератологической синкотилии *C. intybus*; *KTrShCi* – частота встречаемости тератологической схизокотилии *C. intybus*.

Детально рассмотрены основные структурные характеристики индикаторного вида. В норме плоды *C. intybus* формируются из нижней завязи. Плод является односемянным, в теории паракарпность его не опровергается. Анатомически невозможно разделить структуры плода от тканей сформированного в нем семени, поэтому в целом все характеристики мы относим к особенностям формирования аппарата плода.

В табл. 2 представлены результаты значений индексов в соответствии со шкалами варьирования признаков для модельных пробных площадей – экотопов различных антропогенных и токсикогенных нагрузок на почвенные природные среды в указанных местностях.

Таблица 2

Индексированные показатели значений фитоиндикационных параметров пластичности плодов *Cichorium intybus* L.

Пробная площадь	<i>VarFCi</i>	<i>VarSFCi</i>	<i>KDNECi</i>	<i>KTrSCi</i>	<i>KTrShCi</i>
1	10	10	10	10	6
2	5	10	10	10	5
3	9	6	10	10	6
4	10	10	7	6	4
5	7	7	5	6	10
6	8	9	6	8	4
7	10	10	6	9	4
8	4	4	7	4	5
9	4	4	9	6	6

10	3	3	7	6	7
11	1	1	1	1	1
12	3	3	1	2	1
13	2	4	1	1	1
14	1	1	1	1	1

*Примечание:* *VarFCi* – показатель комплексного варьирования формы плода *C. intybus*; *VarSFCi* – показатель вариации скульптуры поверхности плодов *C. intybus*; *KDNECi* – частота встречаемости деформированного или несформированного зародыша *C. intybus*; *KTrSCi* – частота встречаемости тератологической синкотилии *C. intybus*; *KTrShCi* – частота встречаемости тератологической схизокотилии *C. intybus*.

Важно отметить, что в зонах промышленного воздействия для плодов и содержащихся в них семян *Cichorium intybus* установлены различные примеры дисимметрии и высокое значение дисимметричного полиморфизма структур плода в целом. Общий показатель плодов по асимметрии *C. intybus* часто связан со многими трансформациями строения тканей: дисимметричность зарегистрирована при патологическом строении таких гистологических структур, как дерматоген, протодермальные слои разных сторон зародышевых структур, где формируется разное количество клеток ткани вследствие разнонаправленных периклинальных делений, а также клетки корневого чехлика.

Для получения шкал категории тератных признаков и соответствующих индексов для них использовали процентное соотношение атипичных семенных структур к нормальным. Эксперимент с использованием *C. intybus* с одним признаком и расчета для этого вида отдельной шкалы также позволяет установить совпадение индексов в мониторинговых пробных площадях. На основании полученных данных установлено, что процессы образования тератного зародыша при изменении формы плода в том числе и структур его поверхности и уровня промышленного загрязнения среды функционально сопряжены, – зависимы от высокого уровня загрязнения на промышленных зонах воздействия предприятия-загрязнителя. Этот вопрос требует дальнейшего анализа, поскольку влияние отклонения структурных зародышевых форм на развитие плода изучается главным образом на тератологических формах уже на стадии прорастания, что отражается на стратегии и тактике растительного организма по захвату территории и преодолению фитоценотического барьера.

Следовательно, полученные данные показывают общую сопряженность в соответствии показателей структурной атипичности плодов (по их форме, характеру поверхности и скульптурированности, трансформации конформационных тканей при комплектовании морфологически значимых в биомассе показателей) с экотопической приуроченностью произрастания растения-индикатора. В таких информационных пределах пластичность является показателем антропоустойчивости и служит надежным критерием геохимической нестабильности среды – ее загрязнения, дифференциальный анализ которого является нашей следующей задачей при выполнении дипломного проекта.

Тема выполнена в рамках НИР ДонНУ – «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» (ГР № 0117D000192).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глухов А.З., Хархота А.И. Растения в антропогенно трансформированной среде // Промышленная ботаника. – 2001. – С. 5-10.
2. Сафонов А. И. Экологический фитомониторинг в Донбассе / А. И. Сафонов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. докл. XI Междунар. науч. конф. аспирантов и студентов (Донецк, 11–13 апреля 2017 г.). – Донецк : ГОУ ВПО «ДОННТУ»; Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2017. – С. 4-7.



3. Сафонов А. И. Экологический мониторинг. Учебник. – Донецк: ДонНУ, 2017.– 469 с.
4. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 1–2. – С. 8-14.
5. Сафонов А. И. Индикаторная роль растений в системе управления городом в промышленном регионе / А. И. Сафонов // Экологическая ситуация в Донбассе: проблемы безопасности и рекультивации повреждённых территорий для их экономического возрождения. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2016. – С. 288-294.
6. Сафонов А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе // Проблем. экологии и охраны природы техног. региона. – 2016. – № 3-4. – С. 23-29.
7. Сафонов А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса // Зелен. журн. / гл. ред. Ю.В. Наумцев. – Тверь, 2017. Вып. 3. – С. 6-13.
8. Safonov A. I. Phyto-qualitymetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region // Problems of ecology and nature protection of technogenic region. – 2013. – Vol. 13, No 1. – P. 52-59.
9. Киселева Д. В., Сафонов А. И. Возможность построения алгоритма фитоиндикационной оценки загрязнения среды в Донбассе // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. докладов X Междунар. науч. конф. аспирантов и студентов (Донецк, 13-14 апреля 2016 г.) – Ростов-на-Дону: 2016. – С. 224- 227.
10. Киселева Д. В., Сафонов А. И. Принципы создания шкал анатомо-морфологической пластичности фитоиндикаторов техногенного региона // Матер. I Междунар. науч. конф.: "Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности" (Донецк, 16-18 мая 2016 г.) – Ростов-на-Дону: 2016. – С. 117-119.
11. Патент РФ № RU2013118772А, 10.02.2015. Анищенко Л. Н., Поцепай Л. Г. Способ определения фитотоксичности почв с использованием биоиндикатора // Патент России № 2540580С2. 2015. – Бюл. № 5. – 8 с.
12. Макрушин Н.М. Основы гетеросперматологии. – Москва: Агропромиздат, 1989. – 287 с.
13. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции: в 3тт. – Санкт-Петербург: Мир и семья. Т. 1: Генеративные органы цветка, Т. 2: Семя, Т. 3: Системы репродукции / под ред. Т. Б. Батыгиной. – 1994. – 320 с.; 1997. – 823 с.; 2000. – 640 с.

УДК 57.022

*Кладько Д.В.*

*Научный руководитель: Лёгенький Ю.А., ст. преподаватель*

## **МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА *SACCHAROMYCES CEREVISIAE*, МАГНИТОМАРКИРОВАННЫХ В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

*Резюме.* В данной работе исследовалось влияние постоянного однородного магнитного поля, приложенного в процессе магнитной модификации, на магнитные свойства дрожжевых клеток *Saccharomyces cerevisiae*. Установлено, что клетки, магнитомаркированные в магнитном поле при концентрациях железа равные 1 и 6 пг на клетку, обладают магнитной восприимчивостью на 35% и 15% больше, чем клетки, модифицированные без магнитного поля.

*Ключевые слова:* магнитная восприимчивость, постоянное магнитное поле, магнитные наночастицы, дрожжевые клетки.

**Введение.** Исследования, связанные с использованием магнитных наночастиц в биологии и медицине, ведутся уже на протяжении более 20 лет. Технология создания модифицированных клеток, которыми можно манипулировать с помощью внешнего магнитного поля, находит своё широкое применение в клеточных технологиях и экологии [1, 2, 3]. Эффективность использования магнитомодифицированных клеток зависит от величины магнитной восприимчивости, которая изменяется в процессе модификации магнитными наночастицами с отрицательной величины на положительную, что и обуславливает возможность управления клетками посредством магнитного поля.

В научных работах последних лет опубликованы работы, в которых для увеличения магнитной восприимчивости объекта предлагается использовать в процессе модификации клеток магнитное поле [3-9]. Многие исследователи показывают увеличение количества захваченных магнитных наночастиц клетками при экспозиции в постоянном магнитном поле, при этом жизнеспособность клеток ингибировалась слабо [3-6].

Механизмы взаимодействия постоянного магнитного поля с живыми организмами остаются по сей день до конца неясными. Некоторые авторы показывают возможность действия момента силы со стороны магнитного поля на биомакромолекулы с парамагнитными и ферромагнитными свойствами (например, магнитосомы), а также с диамагнитной анизотропией клеточных компонентов [8] что может быть причиной изменения в транспорте веществ, структуре мембран и метаболической активности клеток. Однако подобные эффекты регистрируются в магнитных полях порядка 10 Тл и более, а, следовательно, подобные механизмы взаимодействия не будут иметь место при приложении магнитных полей порядка 0.1-1 Тл.

Ещё один возможный механизм действия магнитного поля являются спин-зависимые ферментативные реакции [10]. Магниточувствительными стадиями в таких реакциях являются стадии с переносом одного или нескольких электронов, приводящие к образованию ион-радикальных пар в активном сайте фермента. Внешнее магнитное поле способно изменять полное спиновое состояние ион-радикальной пары за счёт индицирования синглет-триплетной конверсии. Однако такой механизм экспериментально и теоретически показан в магнитных полях в пределах 1 мТл-100 мТл, что также не входит в исследуемый в этой работе диапазон магнитных полей.

Приложение постоянных магнитных полей в процессе магнитной модификации также может иметь дополнительное действие на клетку и влиять на их жизнеспособность и метаболическую активность [4,7,8]. Механизмы данных совместных эффектов постоянного магнитного поля и магнитных наночастиц неизвестны.

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью повышения магнитной восприимчивости объекта при использовании небольших концентраций магнитных наночастиц для более результативного использования клеток на практике. Небольшие концентрации наночастиц являются условием сохранения жизнеспособности и метаболической активности магнитомаркированных клеток, так как при больших концентрациях происходит ингибирование клеточных процессов в клетках. Объектом настоящего исследования являются дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, являющиеся одним из распространённых объектов для биологических исследований, а также имеющие применение в качестве дешёвых и эффективных адсорбентов тяжёлых металлов.

Целью работы было исследовать влияние постоянного магнитного поля на процесс магнитомаркирования дрожжевых клеток при изменении концентрации магнитных наночастиц в среде культивирования. В данной работе рассматривалась возможность использования постоянного однородного магнитного поля с магнитной индукцией  $B = 0,2$  Тл для повышения величины магнитной восприимчивости дрожжевых клеток.

**Материалы и методы.** Для магнитной модификации дрожжевых клеток синтезировались магнитные наночастицы  $Fe_3O_4$  методом соосаждения солей железа аналогично методике, описанной в работе [11]. Раствор солей  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  и  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ , приготовленный в мольном соотношении 1:2, устанавливали на магнитную мешалку и медленно нагревали до  $70^\circ C$ , после чего быстро вносили 20 мл 25 % раствора аммиака. После этого проводили многократную промывку продукта дистиллированной водой путём магнитной декантации. Затем в коллоид добавляли 1 мл 25 % раствора гидроксида тетраметиламонния (ТМАН), доводили до 50 мл дистиллированной водой и перемешивали в течение 15 минут без нагревания. Крупные частицы отделяли центрифугированием при 6000 об/мин в течение 10 минут.

Концентрацию железа в полученном коллоиде магнитных наночастиц определяли методом атомно абсорбционной спектроскопии (Сатурн-3ПЭА1).

Приготовление дрожжевой суспензии производилось следующим образом: 1 г сухих дрожжей суспендировали в 40 мл физиологического раствора и затем центрифугировали в течение 5 мин при 3 тыс. об/мин. Полученную суспензию дрожжей использовали в дальнейшей магнитной модификации.

Для проверки гипотезы о влиянии постоянного магнитного поля на захват магнитных наночастиц процесс магнитной модификации происходил в магнитной системе, состоящей из двух дисковых магнитов, создающих в центре системы постоянное однородное магнитное поле с магнитной индукцией  $\mathbf{B} = 0,2$  Тл. В центре магнитной системы помещался двухлучный культуральный микропланшет, в котором и происходило магнитомаркирование дрожжей в магнитном поле.

Процедура магнитной модификации происходила следующим образом: к 1 мл отмытой дрожжевой суспензии вносили феррожидкость в заданных объемах, которые определяли исходя из расчёта концентрации железа, приходящуюся на одну дрожжевую клетку (1 пг и 6 пг на клетку). Пробы находились в идентичных условиях, за исключением того, что две пробы в процессе магнитной модификации находились в магнитной системе, описанной выше. Процесс магнитомаркирования длился 1 час, после чего пробы троекратно отмывались физиологическим раствором.

Магнитные свойства дрожжевых клеток оценивали, измеряя скорость магнитофоретического движения в градиентном магнитном поле. Магнитофорез проводили в специальной магнитофоретической ячейке, в которой установлен дисковый магнит NdFeB ( $\mathbf{B}=0,4$  Тл). Видеорегистрацию магнитофореза производили на фотоаппарат, установленный на окуляр микроскопа. Магнитофорез проводили следующий образом: разбавленную суспензию дрожжевых клеток вносили в магнитофоретическую ячейку, устанавливали магнит на расстоянии 3 мм от стенки ячейки и проводили видеорегистрацию процесса движения клеток в течение 1-2 минут. Полученные видеоролики обрабатывали в программе «Adobe After Effect 2017» путём оцифровки траекторий движения клеток в градиентном магнитном поле. Скорость движения маркированных дрожжевых клеток определяли путём линейной аппроксимации числовых массивов, содержащих данные о траекториях отдельных клеток. Затем полученные скорости клеток подставляли в формулу для нахождения магнитной восприимчивости  $\chi$ :

$$\chi = \frac{6\pi\eta r v}{\mu_0 V H \nabla H} + \chi_{H_2O} \quad (1)$$

где  $\eta$  – динамическая вязкость воды, Па·с,  $v$  – скорость движения клеток, м/с,  $r$  – радиус клетки, м,  $V$  – объем клетки, м<sup>3</sup>,  $H \nabla H$  – произведение напряжённости магнитного поля на градиент напряженности, А<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>,  $\chi_{H_2O}$  – магнитная восприимчивость воды.

**Результаты исследования.** Главной характеристикой эффективности магнитомаркирования клеток является изменение их магнитной восприимчивости, которая для нативных клеток составляет  $\chi \approx -0,455 \cdot 10^{-6}$  и, следовательно, клетки являются диамагнитными. В результате магнитной модификации клетки приобретают парамагнитные свойства при увеличении абсолютного значения магнитной восприимчивости на несколько порядков, что и облегчает возможность манипуляции ими при помощи внешнего магнитного поля.

Измерение скорости магнитофоретического движения клеток в градиентном магнитном поле является простым и эффективным методом оценки магнитных свойств магнитомаркированных клеток. В результате исследования было установлено, что клетки, магнитомаркированные в постоянном магнитном поле при концентрации железа 1 пг на клетку, имели магнитную восприимчивость в среднем на 35% большую, чем клетки, модифицированные без использования магнитного поля. Примечательно, что эффект приложения магнитного поля при магнитомаркировании для концентрации

железа, равной 6 пг на клетку, оказался значительно ниже – около 15%. Величина магнитной восприимчивости для клеток, магнитомаркированных в магнитном поле при концентрациях железа 1 и 6 пг на клетку составляла  $0,0035 \pm 0,0002$  и  $0,12 \pm 0,004$  соответственно, а для модифицированных без магнитного поля –  $0,002 \pm 0,0002$  и  $0,1 \pm 0,004$  (рис.1 и рис.2).

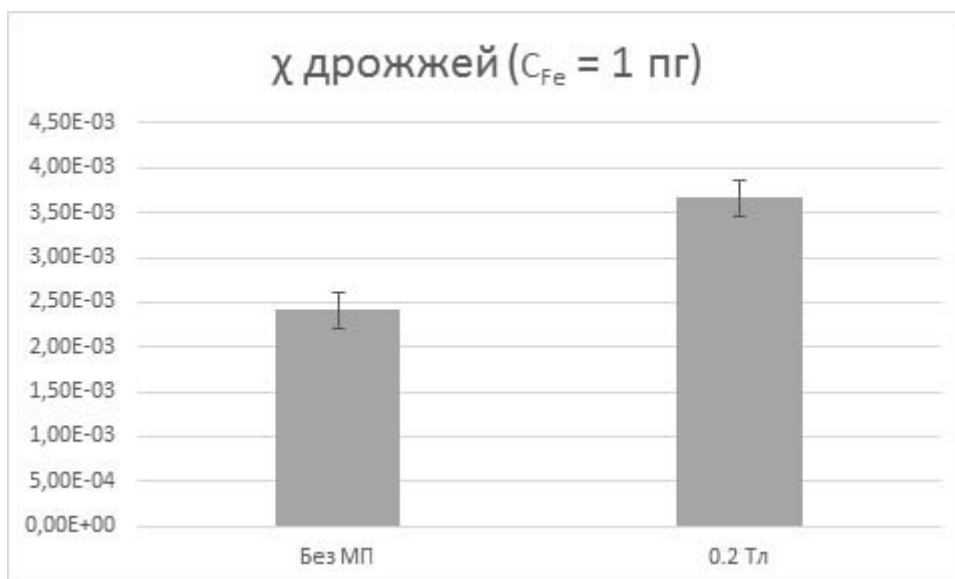


Рис.1. Магнитная восприимчивость дрожжей, магнитомаркированных в магнитном поле (0,2 Тл) и без него (Без МП) при концентрации железа ( $C_{Fe} = 1$  пг на клетку).

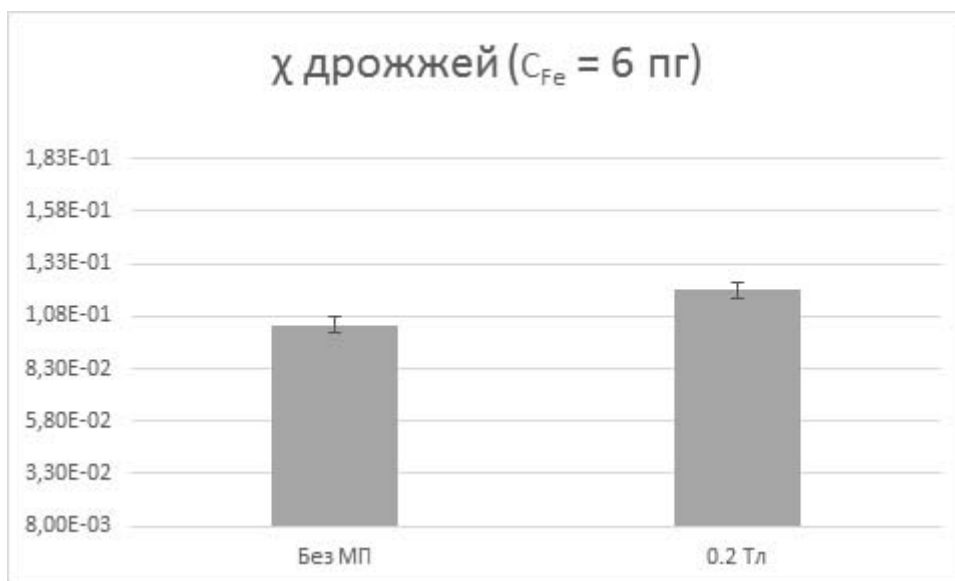


Рис.2. Магнитная восприимчивость дрожжей, магнитомаркированных в магнитном поле (0,2 Тл) и без него (Без МП) при концентрации железа ( $C_{Fe} = 6$  пг на клетку).

Данный результат говорит о снижении эффекта внешнего магнитного поля с увеличением концентрации наночастиц в среде магнитомаркирования. В предыдущей нашей работе [12] исследовалось влияния магнитного поля на эффективность магнитной маркировки клеток. В работе [12] исследования были проведены при концентрации железа равной 2,5 пг на клетку, при экспозиции в магнитном поле в процессе магнитомаркирования в течение 2-х часов. Тогда эффект внешнего магнитного поля составил 20%, что укладывается в концепцию о снижении эффективности приложения внешнего магнитного поля при увеличении концентрации магнитных наночастиц в среде культивирования (рис. 3).

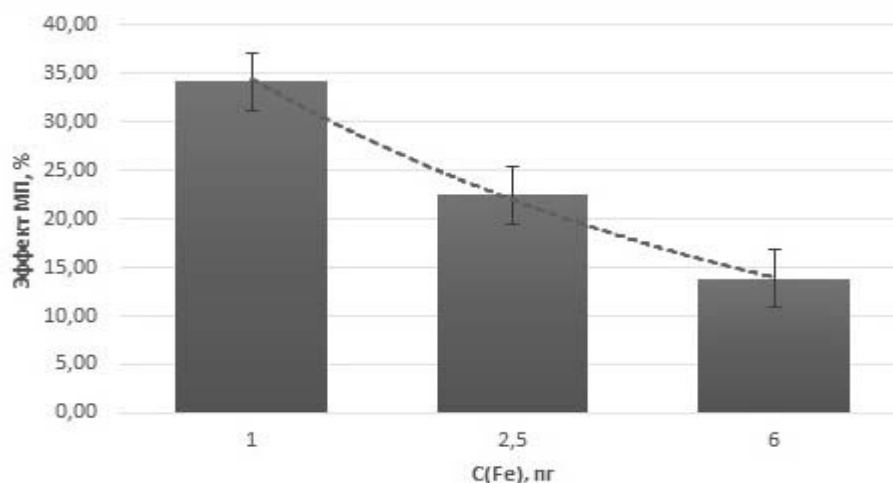


Рис.3. Зависимость эффекта приложения внешнего магнитного поля от концентрации железа ( $C_{Fe}$ ), в пересчете на 1 клетку. Концентрация, соответствующая 2,5 пг на клетку взята из работы [12].

Возможным механизмом, который объясняет явление увеличения эффективности магнитной маркировки при приложении внешнего магнитного поля, может являться то, что при адсорбции дрожжевыми клетками магнитных наночастиц в начальные моменты времени маркирования формируется слой наночастиц, который во внешнем постоянном магнитном поле является источником сильно неоднородного магнитного поля, которое, воздействуя на наночастицы и притягивая их к себе, обуславливает более эффективный захват магнитных наночастиц на поверхность клеток, по сравнению с магнитной маркировкой без приложения магнитного поля. Кроме того, в магнитном поле наночастицы образуют агрегаты, что увеличивает их эффективную магнитную восприимчивость и дополнительно способствует более эффективному захвату наночастиц на слой адсорбированных наночастиц, сформированный на поверхности клетки в начальный период магнитомаркирования.

#### Выводы

- 1) Установлено, что магнитную восприимчивость магнитомаркированных дрожжевых клеток можно повысить при приложении в процессе магнитной модификации постоянного магнитного поля. Величина магнитной восприимчивости для клеток, магнитомаркированных в магнитном поле при концентрациях железа 1 и 6 пг на клетку составляла  $0,0035 \pm 0,0002$  и  $0,12 \pm 0,004$  соответственно, а для модифицированных без магнитного поля –  $0,002 \pm 0,0002$  и  $0,1 \pm 0,004$ .
- 2) Эффективность магнитной маркировки при приложении внешнего магнитного поля снижается при увеличении концентрации магнитных наночастиц в процессе магнитомаркировании пробы.
- 3) Полученные данные говорят о возможности использования постоянного магнитного поля в процессе магнитной модификации для достижения более высоких значений магнитной восприимчивости при небольших концентрациях магнитных наночастиц, что важно для сохранения клетками жизнеспособности и метаболической активности.
- 4) В последующих работах будет исследоваться более расширенный диапазон концентраций магнитных наночастиц при разных временах экспозиции в постоянном магнитном поле при процессе магнитной модификации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горобець С.В., Карпенко Ю.В., Маринченко Л.В. Використання магнітокерованих дріжджів *S. cerevisiae* для вилучення іонів міді// Вісник Донецького національного університету, 2010, №1, С. 230-236.

2. Safarikova M., Maderova Z, Safarik I. Ferrofluid modified *Saccharomyces cerevisiae* cells for biocatalysis // Food Research International, 2009, №42, pp. 521-524.
3. MacDonald C, Barbee K., Polyak B. Force Dependent Internalization of Magnetic Nanoparticles Results in Highly Loaded Endothelial Cells for Use as Potential Therapy Delivery Vectors // Pharmaceutical Research, 2012, №29, pp.1270-1281.
4. Ji-Eun Bae, Man-Il Huh, Byung-Kyu Ryu and all. The effect of static magnetic fields on the aggregation and cytotoxicity of magnetic nanoparticles // Biomaterials, 2011, vol.32, pp.9401-9414.
5. Schafer R. and all. Functional investigations on human mesenchymal stem cells exposed to magnetic fields and labeled with clinically approved iron nanoparticles // *BMC Cell Biology*, 2010, №11, pp. 1-17.
6. Sara Prijic • Janez Scancar • Rok Romih and all. Increased Cellular Uptake of Biocompatible Superparamagnetic Iron Oxide Nanoparticles into Malignant Cells by an External Magnetic Field // *J Membrane Biol*, 2010, vol. 236, pp. 167–179.
7. Jaeha Shin, Chang-Hyuk Yoo, Junghoon Lee, Misun Cha. Cell response induced by internalized bacterial magnetic nanoparticles under an external static magnetic field // Biomaterials, 2012, vol.33, pp.5650-5657.
8. Eun-Cheol Kim, Richard Leesungbok, Suk-Won Lee and all. Effects of Moderate Intensity Static Magnetic Fields on Human Bone Marrow-Derived Mesenchymal Stem Cells // *Bioelectromagnetics*, 2015, vol 36, pp. 267-276.
9. Veronique Anton-Leberre, Evert Haanappel, Nathalie Marsaud and all. Exposure to High Static or Pulsed Magnetic Fields Does Not Affect Cellular Processes in the Yeast *Saccharomyces cerevisiae* // *Bioelectromagnetics*, 2010, vol 31, pp. 28-38.
10. У.Г. Летута, С.Н. Летута, В.Л. Бердинский. Влияние слабых магнитных полей и изотопов магния на бактерии *E. coli* // *Биофизика*, 2017, том 62, вып.6, с. 1134-1141.
11. Massart R. Preparation of aqueous magnetic liquids in alkaline and acidic media // *Trans. Magn.*, 1981, vol 17, pp 1247-1249.
12. Кладько Д.В., Легенький Ю.А. Влияние постоянного магнитного поля на захват магнитных наночастиц и жизнедеятельность *Saccharomyces cerevisiae* // *Международ. науч. конф. студ. и мол. учен. Донецкие чтения 2017.: Тез. докл. – Д., 2017. – с. 24-26.*

УДК 595.789

**Ковалёва С.Ю.**

**Научный руководитель: Савченко Е.Ю., ассистент**

## **ЗООГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФАУНЫ RHOPALOCERA г. МАКЕЕВКИ**

*Резюме.* В данной работе изучено зоогеографическое расселение булавоусых в черте крупного промышленного города. Установлено, что ропалоцерафауна города включает в себя 11 ареалов. Ядро фауны ропалоцера образовано температурными (15 видов, 42%) и транспалеарктическими элементами (10 видов, 27,8%). Нехарактерным европейским неморальным ареалом обладает *P. coridon*.  
*Ключевые слова:* ропалоцерафауна, зоогеографический анализ, тип ареала.

Представители *Rhopalosera* играют важную ценотическую роль в биологических сообществах, служат индикаторными группами и объектами при исследованиях экосистем [13].

Уровень изученности ропалоцерафауны Макеевки является фрагментарным и неравномерным. В пределах территории Донецкой области за годы исследований было составлено 2 аннотированных списка булавоусых, в которых приводятся 129 видов и содержатся неполные данные по экологии и биологии [8; 9].

Анализируя работы, касающиеся ропалоцера территории Донецкой области, можно отметить, что они не могут охарактеризовать особенности булавоусых Макеевки. С 2015 по 2017 гг. нами проведено изучение некоторых аспектов экологии чешуекрылых города, а также составлен систематический список булавоусых, основанный на собственных полевых сборах [4; 5; 6].

В настоящей статье обобщены эколого-фаунистические характеристики булавоусых Макеевки и представлен ареалогический анализ фауны.

Целью нашего исследования было выявление ареалогического состава фауны дневных бабочек крупного промышленного города, что включало в себя также изучение видового состава и биотопического расселения особей.

**Материал и методика исследования.** Материалом для нашей работы послужили данные личных наблюдений и сборов чешуекрылых, проведенные с мая по ноябрь 2017 года. Для отлова имаго нами было выбрано 4 участка города Макеевки: луг, лесопосадка, парк «Северный», территория Макеевского коксохимического завода (КХЗ).

При отлове материала применялся энтомологический сачок. Также нами устанавливались пахучие ловушки с 10 до 14-15 часов. Посещение биотопов осуществлялось в светлое время суток, фиксировалось видовое разнообразие, численность и место отлова. После сбора насекомых производилось их умерщвление, фиксирование, монтирование для дальнейшего хранения материала.

Определение материала проводили при помощи определителя Корба [7]. Около 60% особей были определены на месте отлова; идентификация остальных экземпляров проведена в лабораторных условиях. Типология ареалов приведена на основании изучения литературных источников [2; 3; 10; 11; 12].

### Результаты и их обсуждение

**1. Представленность видов на участках и общий список видов.** В ходе полевых сборов нами отловлено 36 видов булавоусых из 26 родов (табл. 1) [4; 5].

Максимальные показатели видового богатства отмечены на лугу (30 видов), а минимальные – на территории лесопосадки и Макеевского КХЗ (по 13 видов). Доминирующим по количеству видов является семейство *Lycaenidae* (16), а наиболее малочисленным – *Satyridae* (3) (рисунок 1).

Таблица 1

Видовой состав и биотопическое распределение булавоусых г. Макеевки

Вид	Луг	Парк «Северный»	Лесопосадка	Макеевский КХЗ
<i>Pyrgus serratulae</i> (Esper, 1780)	2	–	–	–
<i>Ochlodes venata</i> (Bremer & Grey, 1853)	3	3	–	5
<i>Thymelicus lineola</i> (Ochsenheimer, 1808)	3	3	–	4
<i>Thymelicus sylvestris</i> Poda, 1761	2	4	7	–
<i>Pontia edusa</i> (Fabricius, 1777)	4	4	4	–
<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758)	6	–	3	2
<i>Pieris napi</i> (Linnaeus, 1758)	4	8	8	–
<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758)	4	4	–	–
<i>Leptidea sinapis</i> (Linnaeus, 1758)	3	–	–	1
<i>Colias hyale</i> (Linnaeus, 1758)	5	3	5	–
<i>Colias crocea</i> (Fourcroy, 1785)	4	2	4	–
<i>Thecla betulae</i> (Linnaeus, 1758)	3	–	–	–
<i>Callophrys rubi</i> (Linnaeus, 1758)	1	3	–	–
<i>Saturium w-album</i> (Knoch, 1782)	1	–	–	–
<i>Lycaena phlaeas</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	2	3
<i>Lycaena thersamon</i> Esper, 1779	–	–	–	2
<i>Lycaena tityrus</i> Poda, 1761	2	–	–	–
<i>Everes argiades</i> (Pallas, 1771)	–	–	–	2
<i>Pseudophilotes vicrama</i> (Moore, 1865)	1	–	1	–
<i>Glycopsyche alexis</i> (Poda, 1761)	3	–	–	–
<i>Plebejus idas</i> (Linnaeus, 1758)	4	–	–	–
<i>Polyommatus icarus</i> (Rottemburg, 1775)	3	4	–	2
<i>Polyommatus coridon</i> (Poda, 1761)	–	2	–	–
<i>Polyommatus bellargus</i> (Rottemburg, 1775)	2	–	4	4
<i>Polyommatus amandus</i> (Schneider, 1792)	1	–	3	–
<i>Polyommatus thersites</i> (Cantener, 1835)	4	2	–	4
<i>Polyommatus daphnis</i> (Den. et Schiff., 1775)	2	–	–	3

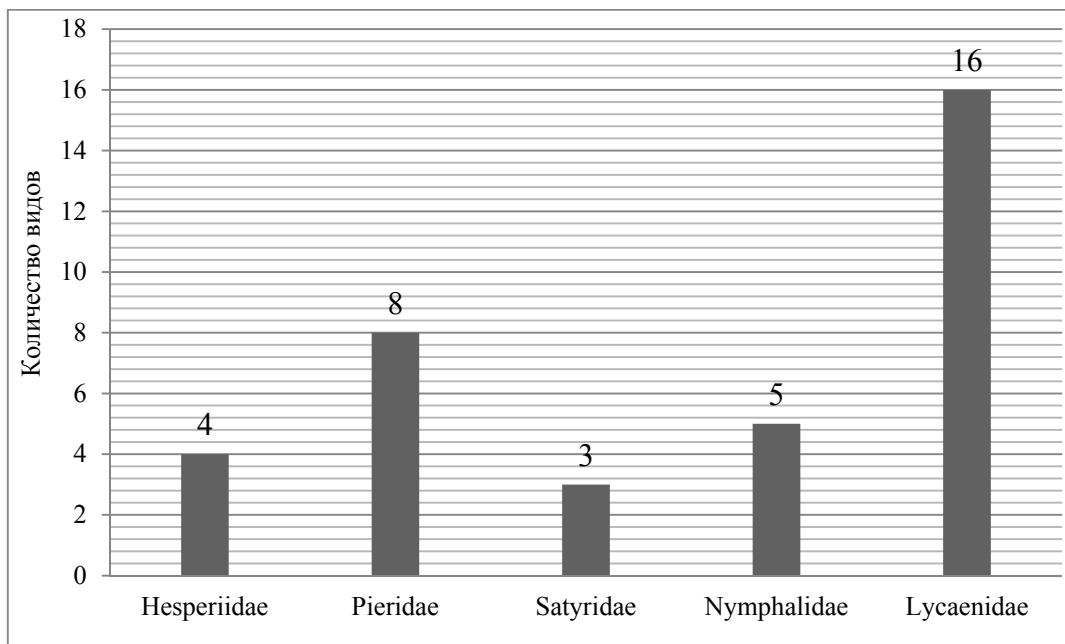


Рисунок 1. Количество видов булавоусых в семействах

**2. Арелоогический анализ ропалоцерафауны.** Изучение географического распространения и эколого-биологических характеристик дает возможность проанализировать зоогеографическую структуру фауны булавоусых Макеевки [1].

Анализ распространения видов булавоусых показывает наличие 5 типов ареалов по широтному простиранию и 7 типов – по долготному (таблица 2).

Таблица 2

Типы ареалов видов фауны булавоусых г. Макеевки

Тип ареала	Типы ареалов			
	Неморальный	Температный	Полизоональный	Эунеморальный
широтный				
долготный				
Космополиты	–	<i>P. rapae</i>	<i>C. cardui</i>	–
Европейский	<i>P. coridon</i>	–	–	–
Европейско-сибирский	<i>P. serratulae</i> , <i>A. pandora</i>	<i>C. hyale</i>	–	–
Средиземноморско-понтийский	<i>C. crocea</i>	–	–	<i>P. vicrama</i> , <i>P. bellargus</i> , <i>P. daphnis</i> , <i>P. amandus</i>
Голарктический	<i>L. tityrus</i>	<i>T. lineola</i> , <i>P. idas</i> , <i>M. jurtina</i> , <i>V. atalanta</i>	<i>L. phlaeas</i>	<i>L. thersamon</i>
Западнопалеарктический	<i>T. sylvestris</i> , <i>P. aegeria</i> , <i>L. maera</i> , <i>M. galathea</i> , <i>P. thersites</i>	<i>L. sinapis</i> , <i>G. rhamni</i>	<i>I. lathonia</i>	–
Транспалеарктический	<i>S. w-album</i> , <i>G. alexis</i>	<i>O. venata</i> , <i>P. edusa</i> , <i>P. brassicae</i> , <i>P. napi</i> , <i>T. betulae</i> , <i>C. rubi</i> , <i>E. argiades</i>	<i>P. icarus</i>	–



Согласно долготному ареалогическому анализу (рисунок 2) в ропалоцерафауне города доминируют транспалеаркты (10 видов, 27,8%), территория которых ограничена на северо-западе Англией и на юго-западе севером Италии. Второй по объему комплекс представлен западнопалеарктическими элементами (8 видов, 22,2%), обитающими в ряде стран: Европе, Кавказе, Малой Азии, Северной Африке.

Велика доля голарктических видов, граница обитания которых проходит по северу Мексики и северному краю Сахары, Аравийскому полуострову, югу Китая (7 видов, 19,4%). Средиземноморско-понтийская группа (5 видов, 13,9%) населяет районы вблизи побережий Средиземного моря и до северо-восточной области Малой Азии.

Три вида (8,3%) обитают в степной и лесостепной зонах и представляют европейско-сибирские элементы. Комплекс этих форм простирается на территории Европейского континента, охватывает Западную и Центральную Сибирь и ограничен склонами Тунгусского плато.

Остаток фауны составляют космополиты (2 вида, 5,6%) с широким ареалом распространения и европейцы, обитающие только на территории Европы (*P. coridon* – 2,8%).

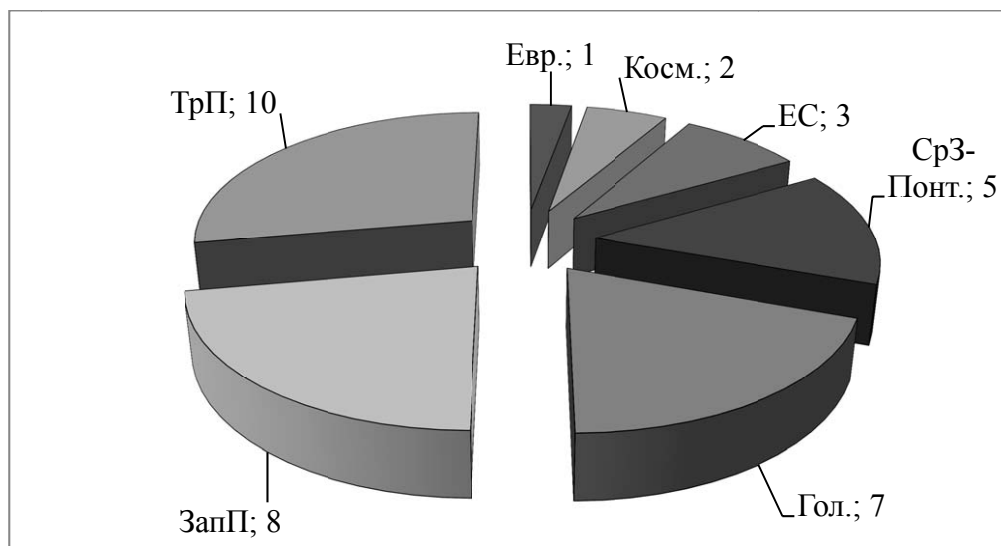


Рис. 2. Долготный состав ареалов: ЕС – европейско-сибирский ареал, Гол. – голарктический, ЗапП – западнопалеарктический, ТрП – транспалеарктический, Косм. – космополиты, Евр. – европейский, Ср3-Понт. – средиземноморско-понтийский ареал

В целом по широтному составу ареалов доминируют температурные виды (15 видов, 42% от общего числа видов), которые предпочитают умеренный климат. Неморальная группа представлена 12 видами (33%), составляющими комплекс видов, генетически связанных с широколиственными лесами и наиболее типичными в Центральной Европе, на Кавказе и Дальнем Востоке. Остаток составляют эунеморальные (5 видов, 14%), населяющие северную окраину субтропического пояса, и полизональные элементы, распространенные в нескольких природных зонах (4 вида, 11%) (рисунок 3).

Ядро ропалоцерафауны города представляют температурные транспалеарктические элементы, которые составляют 19,4%: *O. venata*, *P. edusa*, *P. brassicae*, *P. napi*, *T. betulae*, *C. rubi*, *E. argiades*.

Второе по объему ядро составляют неморальные западнопалеарктические виды, составляющие 13,9%: *T. sylvestris*, *P. aegeria*, *L. maera*, *M. galathea*, *P. thersites* (распространены преимущественно в Европе, в Азии Алтай является для большинства из них восточным пределом распространения).

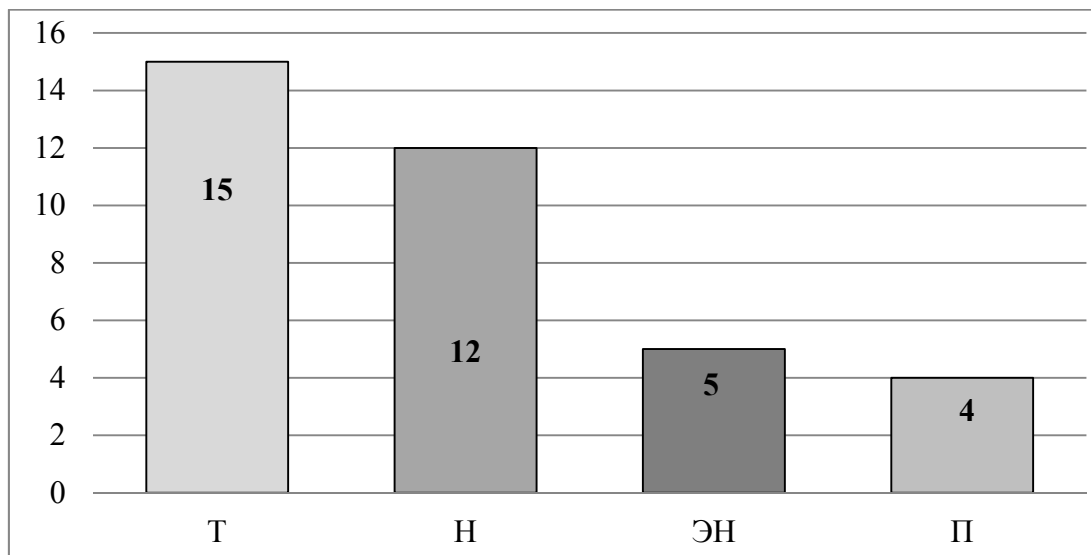


Рис. 3. Широтный состав ареалов: Т – температурный, Н – неморальный, ЭН – эунеморальный, П – полизональный

**Выводы.** Таким образом, фауна булавоусых Макеевки представлена 36 видами из 2 надсемейств, 5 семейств, 26 родов. Как показали наши исследования, в зоогеографическом отношении ропалоцерофауна города представлена 11 ареалами: 5 широтными и 7 долготными.

В ареалогическом аспекте ядро фауны представлено транспалеарктическими температурными видами, составляющими 19,4%. В качестве особого вида можно выделить *P. coridon*, который является европейским неморальным видом, что нехарактерно для других представителей ропалоцерофауны Макеевки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаховский Д.А. Особенности широтной географической структуры региональных фаун дневных чешуекрылых (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) русской равнины на градиенте зональных условий лес-степь // Вестник Удмуртского университета. – 2016. – Т.26, вып. 3. – С. 66-82.
2. Емельянов А.Ф. Предложения по классификации и номенклатуре ареалов // Энтномол. обзор. 1974. – Т.53, вып. 3. – С. 497–522.
3. Городков К. Б. Типы ареалов насекомых тундры и лесных зон Европейской части СССР [Текст] / К. Б. Городков // Ареалы насекомых Европейской части СССР. Атлас. Карты 179-221. – Л.: Изд-во «Наука», 1984. – С. 3-20.
4. Ковалева С.Ю. Эколого-фаунистический обзор дневных булавоусых (Lepidoptera: Rhopalocera) промышленного города на примере г. Макеевки // Актуальные проблемы наук о Земле: сборник трудов II научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием / Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2016. – С. 358-359.
5. Ковалева, С.Ю. Фауна и экология дневных булавоусых (Lepidoptera: Rhopalocera) промышленного города на примере г. Макеевки // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно- образовательного и культурного развития Донбасса: Материалы Международной научной конференции студентов и молодых ученых (Донецк, 17-20 октября 2017 г.) [Текст] / С.Ю. Ковалева. – Том 2: Химико- биологические науки / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2017. – С. 132–134.
6. Ковалёва С.Ю., Савченко Е.Ю. Экологические особенности ропалоцерофауны (Lepidoptera: Rhopalocera) г. Макеевки // «Проблемы и перспективы современной науки» (межотраслевая) // Материалы научно- практическая конференция с международным участием.– Луганск: Изд-во ЛНАУ, 2017. – С. 510-512.
7. Корб С.К. Каталог булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Papilioniformes) бывшего СССР: научное издание / С.К. Корб, Л.В. Большаков. – Тула: [б. и.], 2011. – 123 с. – (Эверсмания; отдельный вып. 2).
8. Мартынов Вч.В., Плющ И.Г. Новые находки редких и малоизвестных видов булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Rhopalocera) на территории Украины // Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. біол. – 2013. – Вип. 35. – С. 63-72.

9. Плющ И.Г. Аннотированный список булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Hesperioidea & Papilionoidea) Донецкой области / И.Г. Плющ, О.В. Пак // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2001. – Т. 9. – Вып. 1-2. – С. 73-90.
10. Татаринов А.Г. Ландшафтно-зональное распределение булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera: Papilionoidea, Hesperioidea) на Северо-Востоке Русской равнины / А.Г. Татаринов // Зоологический журнал. – 2012. – Т.91, №8. – С. 937-949.
11. Татаринов А.Г. Структура и пространственная ориентация фауны булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) Урала / А.Г. Татаринов, П.Ю. Горбунов // Зоологический журнал. – 2014. – Т. 93, № 1. – С.108-128.
12. Гордій Н.М. Угрупування денних лускокрилих (Lepidoptera, Rhopalocera) ксеротермних степових і деревно-чагарникових екосистем Кам'янецького Придністров'я (Хмельницька область): Дис. ... канд. біол. наук. – Львів, 2016. – 316 с.
13. Higgins L. The classification of European butterflies [Text] / L. Higgins. – London: Collins, 1976 (1975). – 320 p.

УДК 577.3

*Кольченко О.Р.*

*Научный руководитель: Корниенко В.О., ст. преподаватель.*

### **ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *ACER PLATANOIDES* L. В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ г. ДОНЕЦКА)**

*Резюме.* В исследовании проведена оценка состояния деревьев *Acer platanoides* L. по пр. Ильича г. Донецка. Произведен раздел листовой пластинки исследуемых объектов по степени повреждения на три класса. Вычислен коэффициент флуктуирующей асимметрии листьев первого класса, как показатель чувствительности к уровню загрязнения атмосферного воздуха. По результатам исследования проведена оценка качества окружающей среды в целом.

*Ключевые слова:* техногенная нагрузка, *Acer platanoides* L., флуктуирующая асимметрия, окружающая среда, листовая пластинка.

**Введение.** Современный город – это сложная природно-антропогенная система с множеством природных и техногенных объектов [1, 2]. С каждым годом в этой системе происходит повышение уровня техногенной нагрузки (шума, вибраций) и, как следствие, атмосферного загрязнения, что превышает предельно допустимый уровень [3, 4]. Так, по данным, имеющимся за 2010 год, в г. Донецке выбросы только автотранспортных средств составляют 26,7 % [5].

Наибольшее негативное влияние антропогенных факторов ощутимо в центральных частях города. Здесь проживает большая часть населения. Но воздействию совокупности техногенных факторов подвергаются не только люди и животные, но и насаждения древесных растений, произрастающие вдоль автомагистралей [5, 7-10].

Деревья являются эффективным средством очищения атмосферного воздуха от токсичных газов, способны задерживать часть шума, издаваемого потоками автомобилей, брать на себя часть вибрационного воздействия. Насаждения, благодаря листве, обладают высокой отражательной способностью, что способствует понижению температуры, за счет чего создается комфортная среда для человека. Древесные насаждения способны снижать скорость воздушных масс, обладают ветрозащитной способностью [2].

У растений, которые подвергаются сильному действию техногенных факторов, возникают морфологические, физиологические и анатомические изменения, которые могут носить необратимый характер [6]. Особенно сильно страдает их листовой аппарат, что проявляется в хлорозах и некрозах, изменении длины, ширины и площади листовой пластинки, а также в различной степени флуктуирующей

асимметрии [4-7]. Вследствие этого, городские насаждения теряют свой декоративный вид и уже не способны в полной мере выполнять свои защитные функции. Но также, они могут служить в качестве биоиндикаторов состояния окружающей среды.

Цель нашего исследования – изучить влияние техногенной нагрузки на эколого-биологические характеристики *Acer platanoides* L. и оценить качество окружающей среды в месте его произрастания.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось в г. Донецке по пр. Ильича, где растения *Acer platanoides* L. высажены вдоль автомагистрали. Деревья растут в 2 ряда на расстоянии в 3,5 м друг от друга. Само дорожное полотно разделено на 3 части: 1) бордюр; 2) асфальтированная пешеходная дорога; 3) бордюр между земляным покровом и асфальтированным участком.

В качестве объекта исследования был выбран *Acer platanoides* L. Он очень декоративен, используется в озеленении и широко представлен в г. Донецке. Также этот вид древесных растений характеризуется быстрым ростом в первые годы жизни и считается устойчивым к загрязнению воздуха [8]. Все растения одного возраста (приблизительно 40 лет), произрастают в одинаковых климатических условиях.

Жизненное состояние 192 деревьев оценивали по 8-бальной шкале Л.С. Савельева. Для измерения шума использовался цифровой измеритель уровня звука GM1351. Замер шума на участке исследования проводили через каждые 30-40 метров в трех точках: возле первого и второго рядов деревьев и непосредственно возле самой автомагистрали.

Сбор материала проводили после завершения вегетационного периода (начало сентября). Выборка составила 200 листьев. Измерение площади, длины, ширины и параметров флуктуирующей асимметрии проводилось в программе AxioVisionRel. 4.8.

На данный момент нет единой признанной методики для вычисления флуктуирующей асимметрии листа *Acer platanoides* L. [12], как это имеет место быть для *Betula pendula* Roth [13]. Нами была использована методика, описанная Мелькумовым [11]. По данной методике производятся замеры по четырем параметрам листа клена остролистного (рис. 1): 1 – ширина листовой пластины от конца второй жилки до главной жилки; 2 – длина второй жилки первого ряда от основания листа; 3 – расстояние между концами первой и второй жилки; 4 – угол между второй жилкой первого ряда и главной жилкой. Величина асимметрии оценивалась по среднему арифметическому отношению разности к сумме замеров листа слева и справа, отнесенная к числу признаков [11].

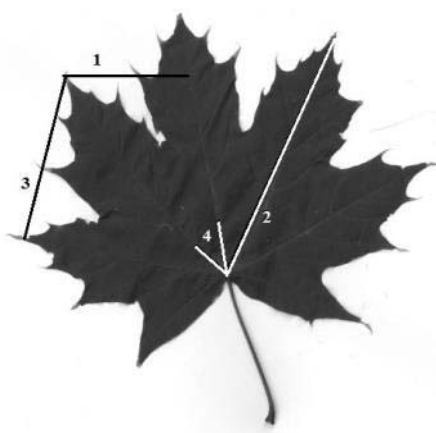


Рис. 1. Расположение морфологических признаков, измеряемых для определения флуктуирующей асимметрии

**Результаты и обсуждения.** В ходе проведенных исследований было выявлено, что значения акустическо-вибрационного шума по пр. Ильича превышают ПДУ [13]. Максимальный показатель уровня звукового давления находится в диапазоне 80-90 дБА (табл. 1).

Таблица 1

Значения шума на исследуемом участке по пр. Ильича, дБА

№	Возле дороги			1 ряд деревьев			2 ряд деревьев		
	max	min	ср.знач.	max	min	ср.знач.	max	min	ср.знач.
1	84	63	74	83	61	72	74	60	67
2	88	64	76	80	62	71	76	60	68
3	89	61	75	74	56	65	75	58	67
4	82	65	73	74	61	63	73	55	64

Таким образом, превышение предельно допустимого уровня шума, исходящего от автомагистрали и сопутствующей ей вибрации, сказывается на произрастающих вблизи деревьев. Проведенная оценка жизнеспособности по шкале Савельева показала, что состояние растений отличается в зависимости от того, в каком ряду они произрастают. Так, деревья, произрастающие во втором ряду, имели жизнеспособность 5-7 баллов по шкале Савельева, что соответствует нормальному и хорошему состоянию произрастающих деревьев. Такие деревья имели наименьше количество повреждений ствола, кроны, асимметрии ствола и других параметров (табл. 2). Первый ряд содержал большое количество деревьев с 3-4 баллами, что соответствует неудовлетворительному и удовлетворительному состоянию. С каждого ряда произрастающих деревьев было взято по 100 листьев. Были измерены длина, ширина и площадь листовой пластины. Также был вычислен процент некроза, по данным которого листья были разделены на 3 класса.

Таблица 2

№	Параметр	1 ряд	2 ряд
		Показатель, %	
1.*	Повреждения кроны****	30	2
2.**	Повреждения ствола*	23	10
3.***	Опухоли**	12	4
4.	Дефолиация	28	1
5.****	Асимметрия***	37	4

Примечания: \* Суховершинность, сухобочинность; \*\* Морозобойные трещины, дупла, наличие гнили; \*\*\* наросты; \*\*\*\* Угол наклона ствола от вертикали (оценивается по трём градациям: 1) 10 % и менее; 2) 11–40 %; 3) более 40 %).

Во втором ряду было наибольшее число листьев, принадлежащих к первому классу, имеющих всего 1% некроза от общей площади листовой пластинки (табл. 3). В этом же ряду наблюдалось большое количество листовых пластин, принадлежащих ко второму (20% некроза) и третьему (<50% некроза) классу. Таким образом, по состоянию листовой пластины можно сопоставить жизнеспособность дерева.

На основании полученных данных по биомониторингу *Acer platanoides* L. в условиях городской среды можно сказать, что у него существует индивидуальная адаптация к техногенной нагрузке.

Исследование флуктуирующей асимметрии проводилось на листьях, принадлежащих к первому классу. Для характеристики значения показателя асимметричности использовалась шкала, приведенная Мелькумовым с поправками для *Acer platanoides* L. [11].

Таблица 3

Жизнеспособность *Acer platanoides* L. и уровень повреждения листовой пластинки в зависимости от группы

Группа	% некроза, усыхания листовой пластинки	Жизнеспособность дерева, балл	в первом ряду, шт	во втором ряду, шт
1	1	5-6	24	90
2	20	4	41	6
3	62	3-4	31	–

Установлено, что значение показателя асимметрии для листьев деревьев, произрастающих вдоль автомагистрали варьирует от 0,03(III балла) до 0,06 (V баллов). Среднее значение по всей выборке 0,04, что соответствует 4 баллам (табл 4.).

Таблица 4

Сравнительная характеристика показателей флуктуирующей асимметрии листьев *Acer platanoides* L. в условиях техногенной нагрузки города г. Донецка

№	Величина асимметрии по всем отобраным листьям дерева	№	Величина асимметрии по всем отобраным листьям дерева
1	0,06	5	0,059
2	0,042	6	0,025
3	0,033	7	0,032
4	0,039	8	0,041

Анализируя данные по флуктуирующей асимметрии в различных городах РФ, следует отметить, что в г. Новочеркасске [8] значения флуктуирующей асимметрии *Acer platanoides* L. колеблются в пределах 0,03-0,06, но в некоторых местах с повышенной интенсивностью автотранспортного потока достигает 0,08, что соответствует критическому состоянию. Подобную связь с интенсивностью автотранспортного потока наблюдают исследователи из г.Брянска [9], где показатели асимметрии имеют значения 0,055, 0,057 и 0,06.

Данные исследования показывают, что загруженность города автотранспортными потоками и увеличение техногенной нагрузки сказывается на асимметрии листьев и нарушает их стабильность развития.

**Выводы.** В ходе проведенных исследований было выявлено, что древесные растения *Acer platanoides* L., произрастающие вдоль автомагистрали по пр. Ильича, значительно подвергаются воздействию негативных техногенных факторов. Это проявляется в ухудшении общего состояния деревьев, появления опухолей, ранней дефолиации, повреждений кроны и т.д. Также страдают их листовые пластины: уменьшается их площадь, за счет появления некроза, появляется асимметрия. Это приводит к снижению ветрозащитных, шумозащитных и пылеулавливающих свойств, а также к понижению общей эстетики деревьев. Таким образом, можно судить о плохом качестве окружающей среды вместе произрастания деревьев.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савинцева Л.С. Экологический анализ адаптивных механизмов растений в урбанизированной среде: дис. канд. биол. наук. Киров, 2015.
2. Бухарина И.Л. Городские насаждения: экологический аспект / И.Л. Бухарина, А.Н. Журавлева, О.Г. Большова – Ижевск: Изд-во «Удмурдский университет», 2012. – 206 с.
3. Каримова А. М. К вопросу об исследовании состояния окружающей среды г. Ишима по показателю флуктуирующей асимметрии / А. М. Каримова, О. С. Козловцева //Актуальные направления научных исследований: от теории к практике. – 2015. – №3. – С.345
4. Коршиков И.И. Изменение физиолого-биохимических показателей листьев различающихся по устойчивости к выхлопным газам деревьев *Acerplatanoides* L. и *Acerpseudoplatanus*L. в насаждениях вдоль автомагистрали / И.И. Коршиков, Е.Н. Виноградова // Промышленная ботаника. – 2005. – № 5. – С.75-84.

5. Виноградова Е.Н. Генотипические особенности различающихся по устойчивости к эмиссиям автотранспорта деревьев *Acerplatanoides*L. в насаждениях вдоль городской автомагистрали / Е. Н. Виноградова, И.И. Коршиков // Биология. Науки о земле. – 2015. – Т. 25, вып. 1. – С. 7-12
6. Аминева К. З. Эколого-биологическая характеристика дуба черешчатого (*Quercusrobur*L.) в условиях техногенного загрязнения (на примере Уфимского промышленного центра): дис. канд. биол. наук. Уфа, 2016
7. Убаева Р. Ш. Влияние загрязнения воздушного бассейна на морфологическую структуру листа разных видов кленов в условиях г. Грозного / Р. Ш. Убаева, С. Ш. Муцалова // Наука и бизнес: пути развития. – 2013. – №11. – С.60-65
8. Кушнарева А.А. Оценка резистентности клена остролистного (*Acerplatanoides* L.) к загрязнению атмосферного воздуха по флуктуирующей асимметрии листьев / А.А. Кушнарева, Н. Б. Стрельцова // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – №2. – С.362-363
9. Самохова Н.А. Оценка устойчивости клена остролистного к загрязнению атмосферного воздуха выбросами автотранспорта по флуктуирующей асимметрии листа / Н.А. Самохова // Ландшафтная архитектура и природообустройство: от проекта до экономики – 2016: материалы V Международной научно-технической конференции. – Саратов., 2016. – С.141-143
10. Разинкова А.К. Патологическое состояние древесной растительности парковых насаждений г. Воронежа / А.К. Разинкова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №1. – С.377
11. Мелькумов Г.М. Флуктуирующая асимметрия листовых пластинок клена остролистного (*Acerplatanoides* L.) как тест экологического состояния паркоценозов городской зоны / Г.М. Мелькумов, Д.Э. Волков // Вестник ВГУ. – 2014. – №3. – С.95-98.
12. Щербаков А.В. Флуктуирующая асимметрия листа клена остролистного (*Acerplatanoides* L.) Как индикационный показатель качества среды / А.В. Щербаков, Е.О. Королькова // Социально-экологические технологии. – 2015. – №1-2. – С.111-121.
13. Жуков А.В. Оценка методами геометрической морфометрии морфологической изменчивости листовых пластинок *BetulaPendula*Roth в экосистемах с различной степенью антропогенной трансформации / А.В. Жуков, Ю.А. Штирц, С.П. Жуков // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2011. – №1 (11). – С. 128- 134.
14. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г. №36).

УДК 57.044

**Крутенкова Т.П.**

**Научные руководители: Беспалова С.В., д. физ-мат. н., профессор,  
Сергеева Е.С., ст. преподаватель,  
Чуфицкий С.В., ст. преподаватель**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ, ЦИНКА И КОБАЛЬТА НА ФЛУОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ**

*Резюме.* Представлены результаты исследования воздействия малых концентраций, близких к предельно допустимым для природных водных сред, соединений тяжелых металлов на примере меди, цинка и кобальта на изменение флуориметрических показателей культуры зеленой микроводоросли *Chlorella vulgaris*.

*Ключевые слова:* флуориметрия, флуоресценция, микроводоросли, тяжелые металлы.

**Вступление.** Тяжелые металлы и их соли – широко распространенные загрязнители промышленного происхождения. В водоемы они поступают из естественных источников (горных пород, поверхностных слоев почвы и подземных вод), со сточными водами многих промышленных предприятий и атмосферными осадками. Стойкие токсиканты, по мере накопления их в водоемах, оказывают все более глубокое влияние на биологические процессы в водной среде, это влияние носит в основном скрытый характер.

Тяжелые металлы по-прежнему остаются одной из приоритетных для изучения групп загрязняющих веществ, имеющих как локальное и региональное, так и глобальное распространение.

Анализ литературных источников показал, что воздействию соединений цинка и кобальта на рост и физиологическое состояние микроводорослей не уделено должного внимания [1, 2, 3]. Наиболее чувствительными к цинку видами являются эвгленоиды и другие жгутиковые, также цинк ингибирует фотосинтез и приводит к хлорозу. Влияние избытка кобальта у высших растений приводит к симптомам типичной токсичности ионов тяжелых металлов и ингибирует фотосинтез [1]. Воздействие соединений меди на общее физиологическое состояние высших растений и на протекание процессов фотосинтеза подробно описано в большом количестве работ, однако, воздействие малых концентраций меди на альгосообщества не рассматривалось [4]. Сине-зеленые водоросли особенно чувствительны к воздействию меди, следствием чего является ухудшение азотной фиксации.

Воздействие тяжелых металлов на флуориметрические показатели исследовалось только для соединений меди и свинца, где объектом исследования служили высшие растения [5].

Целью исследования является оценка воздействия малых концентраций соединений  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Co}^{2+}$  на параметры флуоресценции хлорофилла микроводорослей.

**Материалы и методы исследования.** В качестве объекта исследования воздействия соединений тяжелых металлов использовали культуру одноклеточной зеленой микроводоросли *Chlorella vulgaris*. Данная культура отличается простотой культивации и поддержания чистоты культуры, а также относительно высокой скоростью роста. Культуру выращивали на среде Тамия [6].

Водоросли выращивали в колбах Эрленмейера объемом 500 мл. Освещение обеспечивали светодиодной лампой полного видимого спектра Uniel LED-A60-10W/SPRF/E27/CL в течение 12 часов в сутки.

Исследование воздействия каждого из соединений тяжелых металлов на биообъект проводили в концентрациях равных ПДК и превышающих предельно допустимые концентрации в 2 раза. Скорость действия каждой из концентраций определяли путем изучения суточной динамики роста культуры микроводорослей в течение 7 суток. Согласно ГОСТ 51232-98 предельно допустимые концентрации (ПДК) для  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  составляют 0,1 мг/л и для  $\text{Zn}^{2+}$  – 1,0 мг/л соответственно [7].

В качестве источников металлов использовали следующие соединения:  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{CoCl}_2$ .

Измерение содержания хлорофилла и уровня минимальной флуоресценции ( $F_0$ ) проводили при слабом измерительном свете. После измерения концентрации хлорофилла получали значения максимальной ( $F_m$ ) и переменной ( $F_v$ ) флуоресценции, а также квантового выхода ( $\varphi$ ) путем включения вспышки насыщающего света.

Для изучения суточной динамики в колбы Эйленмаера объемом 500 мл наливали по 250 мл питательной среды Тамия. В питательную среду вносили 2,5 мл суспензии микроводорослей с концентрацией хлорофилла около 8 - 10 ммоль/л. Через 24 часа проводили определение флуориметрических показателей смеси, после чего вносили соответствующее количество раствора поллютанта. Одну из колб оставляли без добавления металла в качестве контрольной. Измерения повторяли каждые сутки в течение 7 дней. Ежедневные измерения проводили в одно и то же время суток, чтобы соблюдать световой режим.

Статистический анализ полученных экспериментальных данных проводили с помощью непараметрического статистического Т-критерия Вилкоксона для связанных выборок. Обработку экспериментальных данных проводили с помощью программ MS Excel и Statistica.



## Результаты исследования

**Воздействие меди.** Для соединений меди наблюдался ярко выраженный эффект. Уже через сутки содержание хлорофилла в пробах снизилось, а выход флуоресценции не превышал 0,25 (0,5-0,35 норма). На третьи сутки эксперимента содержание хлорофилла снизилось до значений близких к нулю, показатели квантового выхода и переменной флуоресценции также снизились. Важно, что негативный эффект проявлялся как для концентрации превышающей ПДК (0,1 мг/л), так и для равной ей (см. рис. 1–3).

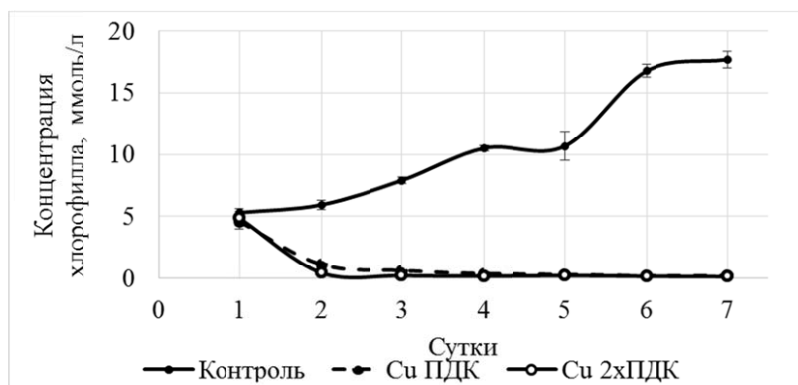


Рис. 1. Воздействие меди на концентрацию хлорофилла

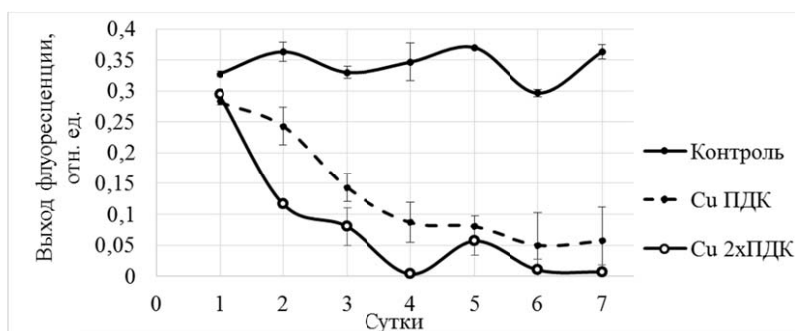


Рис. 2. Изменение квантового выхода флуоресценции при воздействии соединений меди

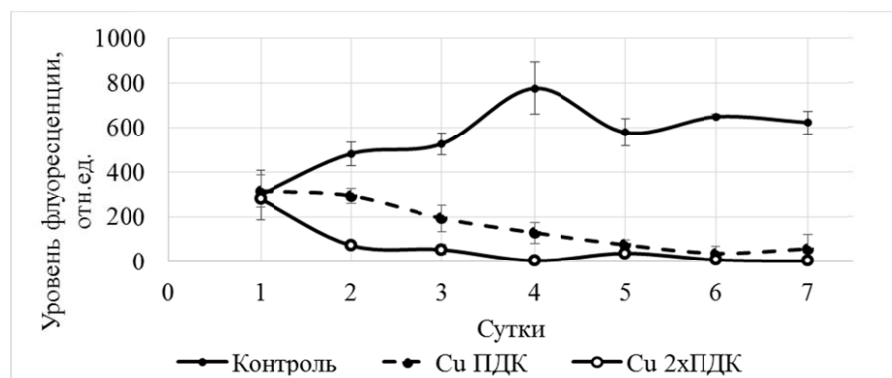


Рис. 3. Воздействие меди на изменение переменной флуоресценции

**Воздействие цинка.** Воздействие цинка в концентрации 1 мг/л (значение ПДК) проявилось только в снижении квантового выхода флуоресценции (см. рис. 5), что указывает на ингибирование фотосинтетических процессов. Однако, показатели  $F_v$  и концентрации хлорофилла не отличались от контрольных измерений (см. рис. 4 и 6). Воздействие концентрации цинка 2 мг/л приводило к ингибированию роста биомассы культуры микроводорослей, а также к постепенному снижению уровня квантового выхода и переменной флуоресценции.

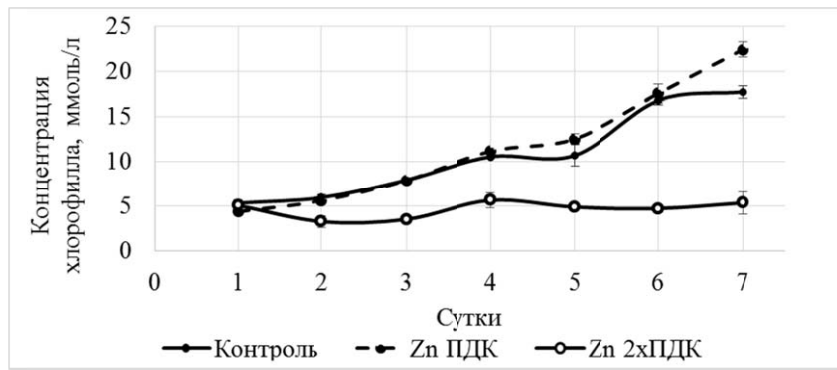


Рис. 4. Воздействие цинка на изменение концентрации хлорофилла

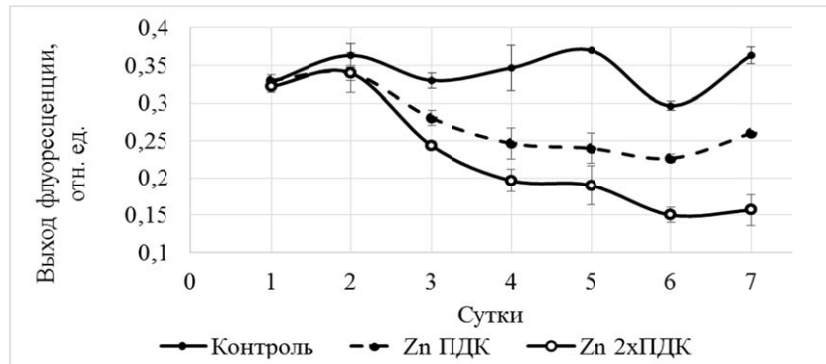


Рис. 5. Изменение выхода флуоресценции при воздействии ионов цинка

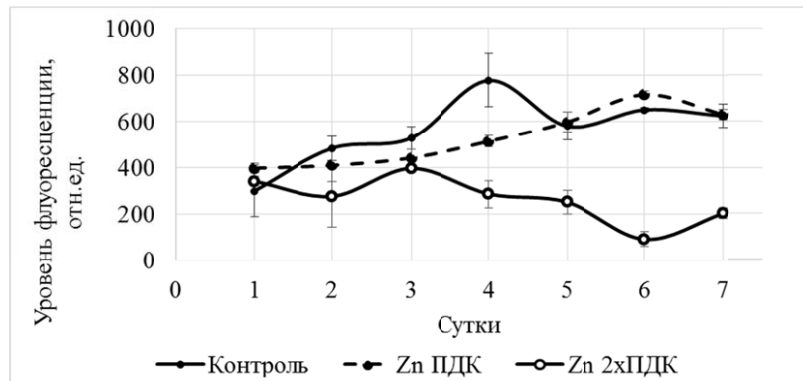


Рис. 6. Воздействие цинка на изменение переменной флуоресценции

**Воздействие кобальта.** Воздействие концентраций кобальта равных 0,1 и 0,2 мг/л в одинаковой степени замедляло рост культуры клеток, но не приводило к снижению биомассы (см. рис.7). Однако значимых отличий для выхода флуоресценции между контрольными и опытными образцами не было (см. рис. 8).

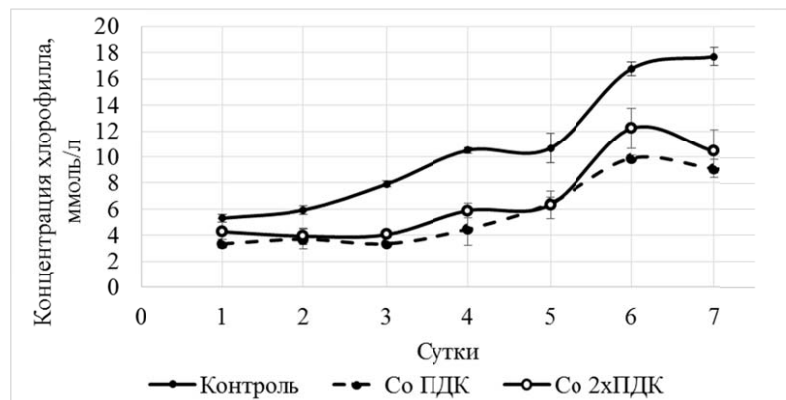


Рис. 7. Изменение содержания хлорофилла при воздействии кобальта

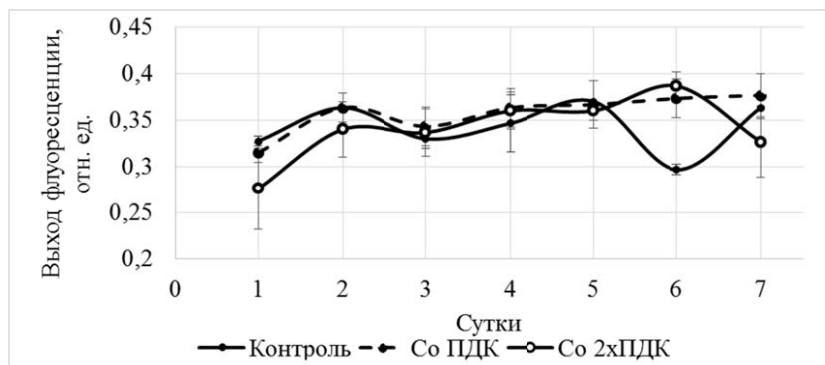


Рис. 8. Воздействие кобальта на квантовый выход флуоресценции

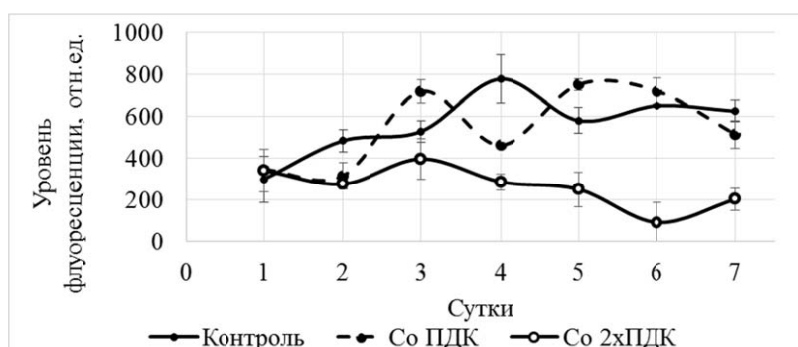


Рис. 9. Изменение уровня варибельной флуоресценции при воздействии кобальта

На рисунке 9 показано изменение переменной флуоресценции, обусловленной воздействием соединений кобальта. Снижение параметра ( $F_v$ ) происходило при концентрации кобальта равной 0,2 мг/л.

Таким образом, кобальт в концентрациях 0,1 и 0,2 мг/л вызывает снижение скорости роста микроводорослей и не сказывается на величине квантового выхода. Полученный результат не полностью согласуется с литературными данными.

#### Выводы

1. Медь оказывает выраженное токсическое действие, приводящее к снижению концентрации хлорофилла зеленой микроводоросли *Chlorella vulgaris*, что проявляется на третьи сутки с момента добавления поллютанта в исследуемый образец.

2. Цинк, в сравнении с медью, оказывает меньший токсический эффект, однако его воздействие проявляется так же явно.

3. Кобальт является наименее токсичным среди исследуемых соединений тяжелых металлов и не вызывает значимых изменений квантового выхода, ингибируя скорость роста клеток.

4. В природной водной среде попадание соединений меди, цинка и кобальта с помощью флуориметрического метода можно определить через 24 часа, опираясь на изменение скорости роста микроводорослей, а также показателей эффективного квантового выхода.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brack W. Chlorophyll a fluorescence: a tool for the investigation of toxic effects in the photosynthetic apparatus / W. Brack, H. Frank // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 1998. V. 40. № 1–2. P. 34–41.
2. Joshi M.K. Chlorophyll a fluorescence as a probe of heavy metal ion toxicity in plants. In: *Chlorophyll a Fluorescence: A Signature of Photosynthesis* (Papageorgiou G., Govindjee eds.) / M.K. Joshi, P. Mohanty // *Advances in Photosynthesis and Respiration*, vol 19. Springer, Dordrecht, The Netherlands. – 2004. – P. 637–661.

3. Осипов В.А. Использование флуоресценции хлорофилла «а» для биотестирования водной среды / В.А. Осипов, Г.М. Абдурахманов, А.А. Гаджиев, Л.Б. Братковская, Б.К. Заядан // Юг России: экология, развитие. - 2012. - № 2. - С. 93-100.
4. Методика измерений обилия и индикации изменения состояния фитопланктона в природных водах флуоресцентным методом. Теоретические и практические аспекты: Учебно-методическое пособие. / Д. Н. Маторин, В. А. Осипов, А. Б. Рубин/ М.: Альтрекс, 2012. 138 с.
5. Переменная и замедленная флуоресценция хлорофилла а – теоретические основы и практическое приложение в исследовании растений / В.Н.Гольцев, М.Х.Каладжи, М.А.Кузманова, С.И.Аллахвердиев. М.: Ижевск: Институт компьютерных исследований. – 2014. – 220 с.
6. Перспективи використання мікрободоростей у біотехнології / О. К. Золотарьова, Є. І. Шнюкова, О. О. Сиваш, Н. Ф. Михайленко; Під ред. О. К. Золотарьової. – К.: Альтерпрес., 2008. – 234 с.
7. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества М: Постановлением Госстандарта России от 17.12.1998 г. № 449, 1999 (взамен ГОСТ 2874-82) переиздан 06.2005 г. – 18 с.

УДК 591.175: 577.175.5

*Лушенкова Т.Р., Бабатина Е.П., Овчинникова М.А., Перелыгина Д.О.  
Научный руководитель: Труш В.В., к.мед.н., доцент, зав. кафедрой*

### **ВЛИЯНИЕ АДРЕНАЛИНА, ВВОДИМОГО В ПЕРИОД ОСТРОГО ОПЫТА, НА ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАБОТАЮЩЕЙ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ БЕЛЫХ КРЫС**

*Резюме:* В экспериментах на наркотизированных половозрелых крысах исследовали влияние адреналина (0,2 мг/кг) на функциональное состояние передней большеберцовой мышцы и ее устойчивость к утомлению.

Установлено, что адреналин (в дозе 0,2 мг/кг) спустя 10 минут после внутримышечного введения обусловил укорочение латентного периода М-ответа мышцы (на 8,9%), увеличение его амплитуды (на 30,2%) на фоне укорочения длительности (на 26%), что косвенно свидетельствует в пользу ускорения нервно-мышечной передачи, увеличения возбудимости или степени синхронизации возбуждения в мышце. Адреналин, вводимый внутримышечно во время острого опыта, ослабил выраженность утомления мышцы и замедлил его развитие, в пользу чего свидетельствует менее выраженное, по сравнению с контролем, снижение амплитуды сокращения и отсутствие изменений длительности М-ответа, типичные для крыс контрольной группы после выполнения серий тетанической работы с внешней нагрузкой.

*Ключевые слова:* катехоламины, адреналин, скелетная мышца, М-ответ.

**Введение.** Катехоламины, являясь стрессовыми гормонами, обеспечивают кратковременную мобилизацию всех сил и ресурсов организма при действии неблагоприятных факторов, в том числе временно интенсифицируют метаболизм и функциональную активность скелетной мускулатуры [1, 2].

Реализация эффектов катехоламинов на нервно-мышечную систему после однократного их введения в организм зависит не только от доз этих гормонов и функционального состояния нейромоторного аппарата, но и от исходной активности мышц. В частности, известно [3-5], что метаболические эффекты катехоламинов на скелетные мышечные волокна, во многом обуславливающие проявления функциональных эффектов, могут реализоваться в полной мере только на сокращающиеся скелетные мышцы. Вместе с тем, характер влияния катехоламинов на работающие скелетные мышцы теоретически должен зависеть не только от их гистохимического профиля, но и от режима работы, во многом предопределяющего скорость развития утомления, а значит, эффективность реализации внутриклеточных эффектов катехоламинов.

Целью настоящей работы явилось исследование влияния адреналина в умеренно повышенной дозе (0,2 мг/кг), в которой он продуцируется в период острого стресса, на электрофизиологические параметры работающей скелетной мышцы смешанного типа (передней большеберцовой) и характер их изменения в динамике утомляющей работы.

**Материалы и методы исследований.** Эксперименты проводились на 20 половозрелых (5-ти месячных) крысах-самках со средней исходной массой  $235,5 \pm 2,42$  г, разделенных на 2 группы: контрольную и опытную, животные которой подвергались однократной стимуляции адреналином в умеренно повышенной дозе (0,2 мг/кг, внутримышечно, во время острого опыта после регистрации исходных значений исследуемых параметров).

Все эксперименты были выполнены в соответствии с «Руководством по уходу и использованию лабораторных животных» (публикация Национального института здоровья № 85-23, США) и «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» [6]. Объектом исследования служила передняя большеберцовая мышца, относящаяся, как и большинство мышц млекопитающих, к смешанному типу с преобладанием быстрых мышечных волокон [7].

Перед проведением острого опыта животное наркотизировали (тиопентал натрия, 100 мг/кг, внутривенно), после чего препаровали в области бедра малоберцовый нерв и на расстоянии 1 см проксимальнее коленного сустава подводили под него раздражающие электроды. Для регистрации электрических ответов мышцы в среднюю ее часть (на расстоянии 1 см дистальнее коленного сустава) вводили отводящие биполярные игольчатые стальные электроды с межэлектродным расстоянием 1 мм.

Для инициации электрических ответов передней большеберцовой мышцы на малоберцовый нерв наносили электрические импульсы прямоугольной формы длительностью 0,15 мс каждый при частоте 5 имп/с и постоянной силе тока 500 мкА (стабилизатор тока). Электрические ответы мышцы усиливали с помощью электромиографического биоусилителя, построенного на основе высокоскоростного программируемого дифференциального усилителя PGA870 (Texas Instruments), гиратора, служащего для режекции сигнала электросетевой помехи частотой 50 Гц (частотный режекторный фильтр), и гальванической оптронной развязки.

Сигналы от электромиографического биоусилителя, фотоусилителя регистрировались с помощью многоканальных цифровых запоминающих осциллографов Tektronix (TDS2004C), Siglent и компьютера.

Электрические ответы мышцы регистрировали на протяжении острого опыта несколько раз: до введения адреналина крысам опытной группы и физиологического раствора крысам контрольной группы (исходные значения), через 10 минут после внутримышечного введения адреналина или физиологического раствора, после каждого из 3-х периодов 18-ти секундной внешней работы мышцы в режиме гладкого тетануса с внешней нагрузкой 80 г.

На основании записей серии одиночных М-ответов мышцы определяли амплитуду, длительность и латентный период М-ответа.

По окончании острого опыта в условиях глубокого наркоза проводили эвтаназию животных путем введения смертельной дозы (300 мг/кг) тиопентала натрия.

Для оценки достоверности различий между центральными тенденциями сравниваемых групп (контрольной и опытной, стимулируемой во время острого опыта адреналином) использовали t-критерий Стьюдента, предварительно убедившись в том, что распределение значений исследуемых параметров близко к нормальному (W-тест Шапиро-Уилка, Statistica, 7.0). Кроме того, достоверность различий между двумя выборками (контрольной и опытной) для каждого из исследуемых показателей оценивали с помощью двухвыборочного F-теста для дисперсий. Значения P, меньшие 0,05, рассматривали как достоверные. Исследуемые параметры выражали в виде «среднее  $\pm$  ошибка».

**Результаты исследований и их обсуждение.** Введение адреналина во время острого опыта приводило к укорочению латентного периода М-ответа (на 8,9%), увеличению его амплитуды (на 30,2%) и уменьшению длительности (на 26,0% относительно исходного уровня,  $P < 0,01$ , рисунок). Увеличение амплитуды М-ответа на фоне некоторого укорочения его длительности свидетельствуют в пользу улучшения синхронизации возбуждения в мышце и возможного повышения возбудимости мышечных волокон [8].

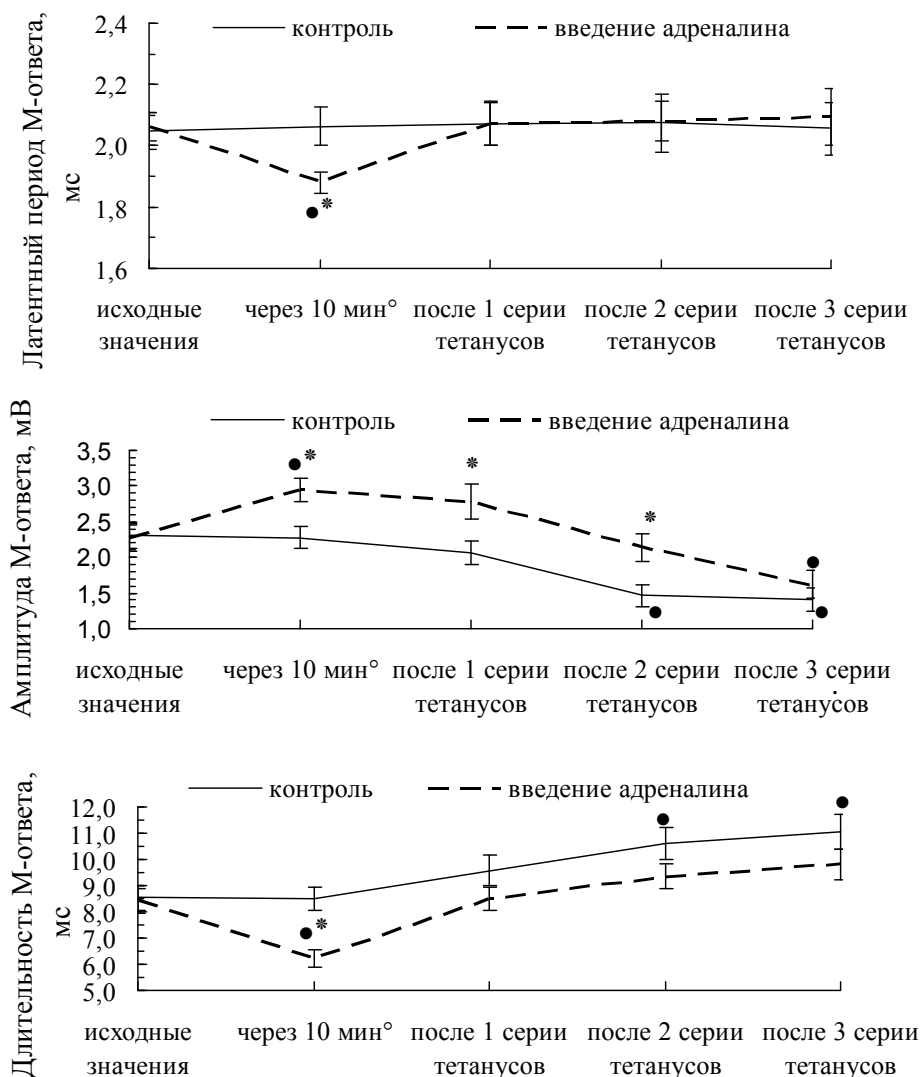


Рис. Динамика изменения некоторых электрофизиологических параметров передней большеберцовой мышцы контрольных крыс и животных, подвергшихся в процессе острого опыта стимуляции адреналином (0,2 мг/кг), в процессе развития утомления.

\* – различия статистически значимы ( $P < 0,05$ ) в сравнении с уровнем контроля; • – различия статистически значимы ( $P < 0,05$ ) в сравнении с исходным значением параметра. По оси абсцисс обозначение *через 10 мин°* означает через 10 минут после введения физиологического раствора животным контрольной группы и адреналина животным опытной группы.

Укорочение латентного периода М-ответа, вероятнее всего, отражает ускорение нервно-мышечной передачи, которое может быть связано с ее облегчением, вызванным повышением возбудимости мышечных волокон или пресинаптических терминалей иннервирующих их нервных волокон [8, 9].

В пользу возможности таких функциональных изменений в нервно-мышечном аппарате под влиянием адреналина свидетельствуют результаты исследований других

авторов, наблюдавших облегчение нервно-мышечной передачи при введении малых доз катехоламинов [10, 11], а также повышение возбудимости мышцы при прямой ее стимуляции [12, 13], отражающее повышение возбудимости собственно мышечных волокон.

Позитивный эффект адреналина на исходные параметры М-ответа не сохранялся на протяжении всего опыта, однако несколько замедлил их ухудшение в процессе выполнения утомляющей работы. Так, работа мышцы контрольных животных в режиме гладкого тетануса с внешней нагрузкой в 80 г сопровождалась некоторым уменьшением относительно исходного уровня уже после 2-й серии тетанусов амплитуды (на 36,7%,  $P < 0,01$ ) и увеличением длительности (на 24,0%,  $P < 0,01$ ) М-ответа на фоне отсутствия существенных изменений его латентного периода (см. рис.). У крыс, получавших во время острого опыта адреналин, снижение амплитуды М-ответа относительно исходного уровня (на 28,4%,  $P < 0,01$ ) наблюдалось только после 3-й серии тетанусов, тогда как длительность М-ответа не претерпевала значимых изменений (см. рис.).

Уменьшение амплитуды М-ответа по мере развития утомления, типичное для мышцы контрольных животных, свидетельствует в пользу выключения части волокон из общего возбуждения мышцы или десинхронизации возбуждения в ней вследствие развития утомления [8]. Еще одним доказательством ухудшения синхронизации возбуждения в мышце контрольных животных в процессе утомления служит некоторое увеличение длительности М-ответа, имевшее место уже после 2-й серии 18-ти секундного тетануса.

У крыс, стимулируемых во время острого опыта адреналином, утомление носило менее выраженный характер. В пользу такого заключения указывает более позднее снижение амплитуды М-ответа в процессе выполнения утомляющей работы (только после 3-й серии тетанусов) у «адреналиновых» крыс, а также отсутствие удлинения длительности М-ответа, характерное для контрольных животных после 2-й серии тетанусов и свидетельствующее в пользу десинхронизации возбуждения мышечных волокон вследствие утомления.

С целью проверки способности адреналина увеличивать степень синхронизации возбуждения в мышце и повышать ее устойчивость к развитию утомления на следующем этапе работы мы сочли необходимым проанализировать характер изменения силовых, скоростных параметров и работоспособности мышцы в динамике ее работы в режиме гладких тетанусов.

### **Выводы**

1. Адреналин (в дозе 0,2 мг/кг) спустя 10 минут после внутримышечного введения обусловил укорочение латентного периода М-ответа мышцы (на 8,9%), увеличение его амплитуды (на 30,2%) на фоне укорочения длительности (на 26%), что косвенно свидетельствует в пользу ускорения нервно-мышечной передачи, увеличения возбудимости или степени синхронизации возбуждения в мышце.

2. Адреналин, вводимый внутримышечно во время острого опыта, ослабил выраженность утомления мышцы и замедлил его развитие, в пользу чего свидетельствует менее выраженное, по сравнению с контролем, снижение амплитуды сокращения и отсутствие изменений длительности М-ответа, типичные для крыс контрольной группы после выполнения серий тетанической работы с внешней нагрузкой.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ажипа А.Я. Трофическая функция нервной системы. – М.: Наука, 1990. – 671 с.
2. Резников А.Г. Эндокринологические аспекты стресса: Обзор // Международный эндокринологический журнал. – 2007. – № 4. – С. 103-112.
3. Козлов А.Г., Казьмин С.Г. Влияние изопреналина на энерготраты изолированной мышцы лягушки при утомлении // Физиологический журнал. – 1978. – Т. 24, № 4. – С. 562-567.
4. Левтов В.А., Шустова Н.Я., Васильева Н.И., Шуваева В.Н. Кровоснабжение и потребление кислорода икроножной мышцей кошки при изометрическом тетанусе в условиях

- внутриартериальной инфузии норадреналина // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1982. – Т. 68, № 11. – С. 1544-1552.
5. Marsden C.D., Meadows J.C. The effect of adrenaline on the contraction of human muscle // Journal of Physiology. – 1970. – V. 207. – P. 429-448.
  6. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ / Под ред. В.П. Фисенко. – М.: Минздрав РФ, ЗАО «ИИА „Ремедиум“», 2000. – 398 с.
  7. Gauthier G.F. Skeletal muscle fiber types / In A.G. Engel & B.Q. Banker (Eds.) Myology. Basic and clinical. – New York: McGraw-Hill, 1986. – 283 с.
  8. Гехт Б.М. Теоретическая и клиническая электромиография. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1990. – 229 с.
  9. MacIntosh B., Gardiner Ph., McComas A.J. Skeletal muscle. Form and function. – 2th edition. – Champaign: Human Kinetics, 1998. – 432 с.
  10. Гусева Е.А., Пушкарев Ю.П. О влиянии катехоламинов на нервно-мышечную передачу // Проблемы эндокринологии. – 1970. – № 3. – С. 58-62.
  11. Breckenridge B., Me L., Burn I.K., Matscinsky F.M. Theophylline, epinephrine and neostigmine facilitation of neuromuscular transmission // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. – 1967. – V. 57, № 4. – С. 1853-1897.
  12. Орбели Л.А. Симпатическая иннервация скелетной мускулатуры / В кн. Избранные труды, 2-е изд. – М., Л.: Изд-во АН СССР. 1960. – С. 53-58.
  13. Everts M.F., Retterstol K., Clausen T. Effects of adrenaline on excitation-induced stimulation of the sodium-potassium pump in rat skeletal muscle // Acta Physiologica Scandinavica. – 1988. – V. 134. – P. 189-198.
  14. Smith U. Adrenergic control of metabolic functions // Acta Med. Scand. – 1983. – № 5 (Suppl.). – P. 671-676.
  15. Зимовщикова О.В., Узбеков Г.А. Содержание высокоэнергетических веществ в скелетной мышце в покое и при физической нагрузке в условиях действия разных доз адреналина // Материалы 5-й Поволжской конференции физиологов, биохимиков и фармакологов с участием морфологов. – Ярославль, 1969. – С. 313.
  16. Jensen J., Brennesvik E.O., Bergensen H. Quantitative determination on cell surface beta-adrenoreceptors in different skeletal muscles // Pflugers Arch. – 2002. – V. 444, № 1-2. – P. 213-219.
  17. Nakamura Y., Nagase I., Asano A. Beta-2-adrenergic agonists up-regulates uncoupling proteins 2 and 3 in skeletal muscle of the mouse // J. Vet. Med. Sci. – 2001. – V. 63, № 3. – P. 309-314.
  18. Popham P., Band D., Linton R. Potassium infusions cause release of adrenaline in anaesthetized cats // Journal of Physiology. – 1990. – V. 427. – P. 43-49.
  19. Манухин Б.Н., Курбанова Г.Д., Волина Е.В., Ерохов П.А. Изменение активности Na, К-АТФазы при блокаде адренорецепторов // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. – 1985. – Т. 71, № 6. – С. 731-736.
  20. Miller R.G., Giannini D., Milner-Brown H.S., Layzer R.B., Koretsky A.P., Hooper D., Weiner M.W. Effects of fatiguing exercise on high-energy phosphates, force, and EMG: Evidence for three phases of recovery // Muscle & Nerve. – 1987. – V. 10. – P. 810-821.
  21. Cooke R., Pate, E. The effects of ADP and phosphate on the contraction of muscle fibres // Biophysical Journal. – 1985. – V. 48. – P. 789-798.

УДК 582.4:631.811.98-042.3

*Микула А.К.*

*Научный руководитель: Демьяненко Т.В., к.б.н., доцент*

## **ВЛИЯНИЕ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ ЧИСТОТЕЛА БОЛЬШОГО НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН**

*Резюме:* В данной работе представлены результаты изучения влияния водной вытяжки из органов чистотела большого на всхожесть семян. В результате установлено, что водная вытяжка из вегетирующих органов чистотела большого угнетает их прорастание даже в самой низкой концентрации. По видимому водная вытяжка чистотела содержащая значительное количество алкалоидов действует на клеточные стенки снижая их проницаемость, что приводит к снижению тургора.

*Ключевые слова:* водная вытяжка, всхожесть семян, энергия прорастания, чистотел большой

Использование в предпосевной обработке семян биологически активных веществ значительно повышает их всхожесть. Такая обработка в отличии от применения химических препаратов исключает загрязнение окружающей среды.



Одним из примеров биологически активных веществ можно назвать водные вытяжки из вегетирующих органов. Последние являются источником физиологически активных веществ в основном фенольной природы. Как свидетельствуют литературные данные, многие группы фенольных соединений растворимы в воде. Это и ненасыщенные лактоны, и фенолкарбоновые кислоты, и гликозиды, и флавоновые пигменты, и сапонины, и др. Они характеризуются широкой распространённостью в природе (не только в различных органах и тканях растений – побегах, почках, листьях, стеблях, корнях, цветках, семенах, но и в листовом опаде и растительных остатках, при биодеградации органических веществ, в почве) и разнообразием физиологических механизмов действия. В зависимости от химической структуры и концентрации они воздействуют на всхожесть семян, рост первичного корешка и зародышевого стебля многих сельскохозяйственных культур, участвуют в катаболизме ауксинов, процессах дифференцировки тканей, влияют на проницаемость мембран, иммунитет растений, реакции световой стадии фотосинтеза и содержание хлорофилла, направленность обмена веществ [1]. Учитывая сравнительно слабую изученность использования водных вытяжек из вегетирующих органов у лекарственных или ядовитых растений, проведенная работа является актуальной. Цель наших исследований изучение влияния водной вытяжки из органов чистотела большого на всхожесть семян.

Объект исследования *Chelidonium majus* L. - чистотел большой (семейство Papaveraceae Juss - маковые). Это многолетнее травянистое растение, достигающее в высоту не более 1 метра. Стебель внутри полый, снаружи ребристый, имеет много ветвей, опушен. Характерным признаком растения является выделение желто-оранжевого сока на изломе с неприятным запахом. При попадании на кожу сок вызывает жжение, а кожа окрашивается в желто-бурый цвет. Корневище многоглавое, корень короткий, стержневой. Расположение листьев на стебле очередное, край городчатый, поверхность перисто-рассеченные. Цвет сверху светло-зеленый, снизу - сизый. Цветки правильные, простые, желтые, диаметром до 2 см, собраны в зонтиковидные соцветия. Цветет с мая и до конца лета. Плод у этого растения - стручковидная коробочка, которая раскрывается двумя створками, издавая при этом треск. В состав сырья чистотела большого входят следующие активные вещества: берберин, протопин, хелидонин, гомохелидонин, коптизин, стилопин, хелеритрин, сангвинарин, спартеин, 1-стилопин, 1-а-стилопин, 1-В-стилопин,  $\alpha$ -аллокриптонин,  $\beta$ -аллокриптонин, сапонины, флавоноиды, аскорбиновая кислота, витамин А, яблочная кислота, лимонная кислота, янтарная кислота, хелидоновая кислота, кумарины. Как известно, чистотел большой обладает бактерицидными свойствами. Хотя, растение это и ядовитое, зато очень действенное и активно применяется в народной медицине как лекарственное растение[4].

В нашей работе из свежего сырья чистотела была получена водная вытяжка из вегетирующих органов, которая настаивалась две недели в темном месте пока не закончились процессы брожения [4]. Затем путём центрифугирования в вытяжке отделили жидкую и водную фракции. Далее в исследованиях использовали только жидкую фракцию.

Влияние водной вытяжки чистотела на всхожесть семян изучали на примере семян кресс-салата. Всхожесть семян определяли путем закладывания в чашки Петри по 100 штук на фильтровальную бумагу в четырехкратной повторности [2]. Семена размещали равномерно, на расстоянии 0,5-1,5 см. Проращивание семян проводили при комнатной температуре.

Под всхожестью понимают способность семян давать нормальные проростки за определенный срок (предусмотренный для каждой культуры) при оптимальных условиях проращивания. По результатам проращивания устанавливают средний процент энергии прорастания и всхожести семян. Полученные данные учитывают с

округлением до целых процентов [2]. Процент всхожести устанавливали отношением проросших семян к общему их количеству, взятому для проращивания. Энергия прорастания – дружность прорастания семян за определенный срок, установленный для каждой культуры.

Период прорастания семян разных видов неодинаков, поэтому устанавливаются различные сроки подсчета проросших семян при определении их энергии прорастания и всхожести. У многих семян энергию прорастания подсчитывают через 3-7 суток, для некоторых видов лекарственных и цветочных растений определение проводят в более поздние сроки. Подсчет окончательной всхожести у большинства видов проводится в период от 7-14 до 21-28 дней и более. К числу всхожих семян относят только нормально проросшие, т.е. имеющие проростки и корешки не менее длины семени [2].

Семена поливали жидкой фракцией вытяжки чистотела разведенной дистиллированной водой в соотношениях: 1:1, 1:2, 1:3 и 1:4. Контролем служили семена, которые поливали только водой. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние водной вытяжки *Chelidonium majus* L. на всхожесть семян кресс-салата

Концентрация раствора, соотношение водная вытяжка : вода	Всхожесть семян, %	Энергия прорастания семян, %
1:1	-	-
1:2	-	-
1:3	-	-
1:4	-	-
Контроль	72	59

В результате мы установили, что всходят только семена поливаемые водой. Водная вытяжка из вегетирующих органов чистотела большого угнетает их прорастание даже в самой низкой концентрации. Не проросшие семена мы разрезали лезвием от руки и выявили, что в семенах поливаемых вытяжкой в концентрации 1:1 – зародыши даже не тронулись в рост, по мере снижения концентрации наблюдалось довольно слабая дифференцировка зародышей, недостаточная для прохождения стадии роста зародышевого корешка.

**Заключение.** Таким образом, водная вытяжка *Chelidonium majus* даже в низкой концентрации подавляет прорастание семян. В литературе указывается, что угнетение или стимулирование ростовых процессов – следствие не только непосредственного воздействия физиологически активных веществ на процессы деления и дифференциации клеток, но и глубоких физиолого-биохимических изменений, происходящих в растительной клетке. Как известно, наиболее чувствительными к тургорному состоянию являются меристематические клетки, которые и формируют весь дальнейший растительный организм [3]. По видимому, водная вытяжка чистотела содержащий значительное количество алкалоидов действует на клеточные стенки, снижая их проницаемость, что приводит к снижению тургора внутри клетки и дальнейшему прекращению их роста.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Юрчак Л. Д., Культура шалфея мускатного в лесостепи Украины./ Л. Д. Юрчак, Г. А. Побирченко. – К.: Наукова думка, 1997 - С. 23
2. Зорина М. С. Определение семенной продуктивности и качества семян интродуцентов / Зорина М. С., Кабанов С. П. //Методики интродуцентных исследований в Казахстане. - Алма-Ата: Наука, 1987. – С. 75-85.
3. Гаммерман А.Ф., Лекарственные растения (Растения-целители) / А.Ф. Гаммерман, Г.Н. Кадаев, М.Д. Шупинская. М.: «Высш. Школа», 1975. – С 100-102
4. [http://www.mplants.org.ua/view\\_main\\_right.php?id=66](http://www.mplants.org.ua/view_main_right.php?id=66)

*Мицкан В.В., Боровой И.И.*  
*Научный руководитель: Губарев А.А., старший преподаватель*

## ЛОКАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФИТОПЛАНКТОН — ПОЛЛЮТАНТ

*Резюме.* В данной работе исследуется модель, в основе которой лежит предположение, что скорость удельного роста числа клеток, в окрестности равновесия можно аппроксимировать линейными слагаемыми по концентрации лимитирующего рост клеток вещества и концентрации поллютанта. Получено условие вымирания популяции фитопланктона. Предложен способ оценки параметров модели по экспериментальным данным.

*Ключевые слова:* биомониторинг, фитопланктон, моделирование динамики популяции.

Использование хлорофилла фитопланктона является одним из перспективных направлений биомониторинга [1, 2]. Серийно выпускаемые флуориметры позволяют измерять ряд характеристик фитопланктона, в частности концентрацию хлорофилла. Несмотря на то, что в литературе отмечается сложная зависимость между концентрацией хлорофилла и общей массы фитопланктона (см., например, работу [3] и дальнейшие ссылки в ней приведенные), для случая одного вида, одних и тех же условий (например, таких как температура и освещённость) в среднем концентрация хлорофилла пропорциональна числу клеток.

Имеется большое число публикаций, посвящённых динамике популяций в присутствии загрязнения, см., например, работу [4]. В данной работе исследуется модель позволяющая описать как полное вымирание клеток фитопланктона при большой концентрации загрязнения, так и возрастание (быть может, после некоторого убывания в начальный момент) при малой концентрации загрязнения, а также анализируется возможность получения оценок параметров по экспериментальным данным.

В модели делаются следующие предположения.

- Плотность клеток фитопланктона,  $n(t)$ , и промежуток времени эволюции системы настолько малы, что можно не учитывать изменение концентрации лимитирующего рост численности клеток ресурса,  $p$ , (в результате его потребления фитопланктоном); загрязнения среды продуктами жизнедеятельности клеток, в том числе клеток, подвергшихся влиянию поллютанта.
- Во время культивации производится достаточное перемешивание, чтобы плотность клеток фитопланктона, концентрация лимитирующего вещества и поллютанта,  $m(t)$ , не зависели от пространственных координат.
- Культивирование происходит при постоянных условиях внешней среды, в частности при постоянной температуре и освещённости.
- Поллютант вносится в систему в некоторый момент времени. Клетки поглощают поллютант из среды, уменьшая его концентрацию в ней. Удельная скорость изменения численности клеток,  $a(p, m)$ , зависит от концентрации ограничивающего рост клеток минерального ресурса и концентрации поллютанта в среде. Вблизи равновесия она может быть представлена виде  $a(p, m) = ap - \sigma m$ .

Модель имеет вид системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dn}{dt} = (ap - \sigma m)n, \\ \frac{dm}{dt} = -cm. \end{cases} \quad (1)$$

с начальными условиями  $n(0) = n_0$ ,  $m(0) = m_0$ , где  $n_0$  и  $m_0$  — заданные числа.

При помощи замены  $n = \frac{ap}{c} \tilde{n}$ ,  $m = \frac{ap}{\sigma} \tilde{m}$ ,  $t = \frac{\tau}{ap}$  система (1) сводится к системе

$$\begin{cases} \frac{d\tilde{n}}{d\tau} = (1 - \tilde{m})\tilde{n}, \\ \frac{d\tilde{m}}{d\tau} = -\tilde{n}\tilde{m}, \end{cases} \quad (2)$$

а начальные условия принимают вид  $\tilde{n}(0) = \tilde{n}_0$ ,  $\tilde{m}(0) = \tilde{m}_0$ .

Для данной системы легко находится первый интеграл

$$\tilde{n} = \tilde{m} - \tilde{m}_0 - \ln \frac{\tilde{m}}{\tilde{m}_0} + \tilde{n}_0. \quad (3)$$

Подставив (3) во второе уравнение (2) и интегрируя, находим

$$\tau = \int_{\tilde{m}_0}^{\tilde{m}} \frac{dz}{(\tilde{m}_0 - z - \ln(\tilde{m}_0/z) - \tilde{n}_0)z} \quad (4)$$

Интеграл в правой части не берётся в элементарных функциях, но можно исследовать его сходимость. Обозначим через  $z_c$  один из корней уравнения  $\ln(z_c) - z_c = \tilde{n}_0 - \tilde{m}_0 + \ln \tilde{m}_0$ . В случае единственного корня —  $z_c = 1$  — знаменатель,  $g(\alpha)$ , имеет асимптотику  $g \sim \frac{1}{2}(\alpha/z_c)^2 z_c = O(\alpha^2)$ , где  $\alpha = z - z_c$ . В этом случае интеграл в точке  $z = 1$  сходится (см. по вопросу исследования сходимости интегралов [5]).

В других случаях имеется два корня: один,  $z_{c1}$ , больше 1, а другой,  $z_{c2}$ , меньше 1. В этом случае для обоих корней асимптотика интеграла имеет вид  $g \sim \alpha(1 - z_c) = O(\alpha)$  — интеграл в точках  $z = z_{c1}$  и  $z = z_{c2}$  расходится.  $z_{c1}$  меньше  $\tilde{m}_0$ . Поэтому при  $\tilde{m}_0 > 1$  и  $n_0 < n_0^c \equiv \tilde{m}_0 - 1 - \ln \tilde{m}_0$  концентрация поллютанта стремиться к  $m = z_{c1}$ .

В точке  $z = 0$  интеграл расходится при любых значениях параметров.

Из первого уравнения (2) и убывания концентрации поллютанта со временем вытекает, что при  $\tilde{m}_0 \leq 1$  плотность фитопланктона  $\tilde{n}(\tau)$  растёт на всём временном промежутке.

Соотношение (3) позволяет проанализировать поведение  $\tilde{n}(\tau)$  по известному поведению  $\tilde{m}(\tau)$  при  $\tilde{m} < 1$ .

- Если при  $\tau \rightarrow \infty$   $\tilde{m} \rightarrow 0$ , то  $\tilde{n}$  неограниченно возрастает.
- Если при  $\tau \rightarrow \infty$  значение  $\tilde{m} \rightarrow m_a \neq 0$ , то  $\tilde{n}$  убывает до нуля.

Границей областей, в которых  $\tilde{n}(\tau)$  возрастает или убывает на бесконечности, служит

$$\tilde{n}_0^c = \tilde{m}_0 - 1 - \ln \tilde{m}_0.$$

- Если  $\tilde{n}_0 > \tilde{n}_0^c$ , то на бесконечности  $\tilde{n}$  возрастает; см. рис. 1(a) в качестве иллюстрации.
- Если  $\tilde{n}_0 < \tilde{n}_0^c$ , то на бесконечности  $\tilde{n}$  стремится к нулю; см. рис. 1(b).

Эти результаты имеют очевидный биологический смысл. Если численность клеток фитопланктона достаточно для того, чтобы поглотить поллютант, то с течением времени их численность начинает неограниченно расти. Если численности клеток недостаточно, то происходит вымирание популяции.

Если все эксперименты проводятся при одной и той же концентрации лимитирующего минерального ресурса  $p$ , то можно ввести новый постоянный параметр  $b = ap$ . Для определения значения параметра  $b$  достаточно выполнить измерение зависимости численности клеток фитопланктона от времени при отсутствии поллютанта. Из (1) в этом частном случае получаем решение

$$n = n_0 e^{bt}. \quad (5)$$

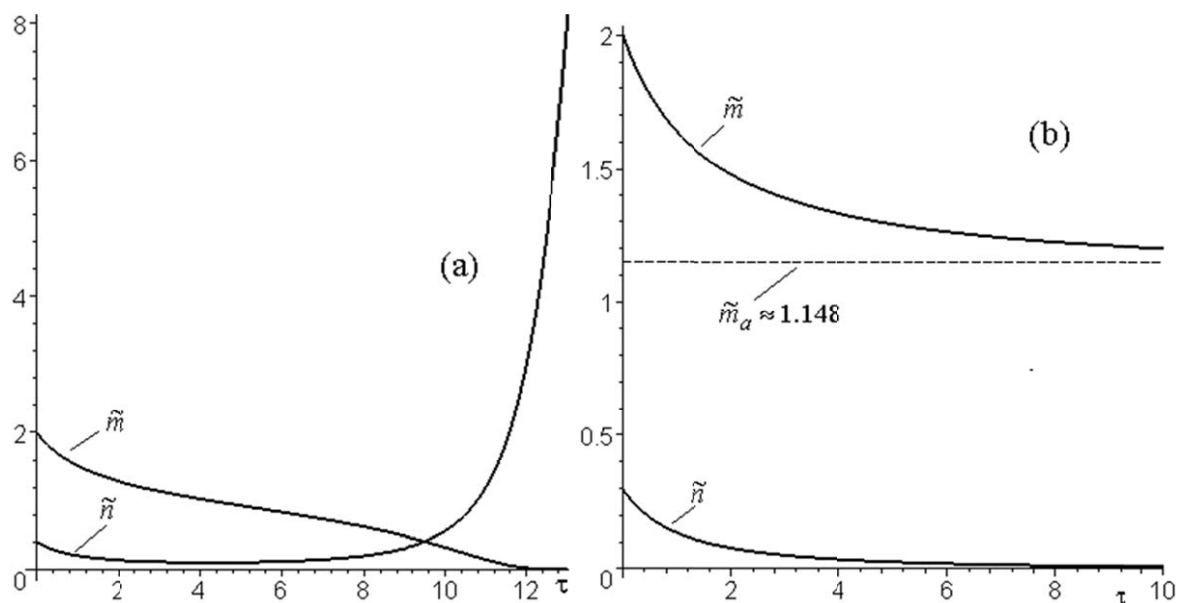


Рис. 1. Графики  $\tilde{n}(\tau)$  и  $\tilde{m}(\tau)$  для начальных значений: (а) —  $\tilde{m}_0 = 2$ ,  $\tilde{n}_0 = \tilde{n}_0^c + 0.1 \approx 0.4069$ ;  
 (б) —  $\tilde{m}_0 = 2$ ,  $\tilde{n}_0 = \tilde{n}_0^c - 0.1 \approx 0.2069$

В случае полного отсутствия лимитирующего минерального источника питания система (1) принимает вид

$$\begin{cases} \frac{dn}{dt} = -\sigma mn, \\ \frac{dm}{dt} = -cnm. \end{cases} \quad (6)$$

и интегрируется в элементарных функциях. В частности зависимость плотности фитопланктона от времени имеет вид

$$n(t) = \frac{cn_0 - \sigma m_0}{c - \frac{m_0}{n_0} \sigma e^{-(cn_0 - \sigma m_0)t}}. \quad (7)$$

Если  $cn_0 - \sigma m_0 > 0$ , то  $n(\infty) = n_0 - \frac{\sigma}{c} m_0$ . Это значение соответствует случаю, когда весь поллютант поглотился клетками и остались живые клетки. Если  $cn_0 - \sigma m_0 < 0$ , то  $n(\infty) = 0$ . Это соответствует случаю, когда в результате поглощения поллютанта все клетки погибают.

Используя решение (5), можно по одному эксперименту (без поллютанта) найти оценку параметра  $b$ , а по другому эксперименту (без лимитирующего источника питания) оценить параметры  $c$  и  $\sigma$ . Каждый эксперимент должен содержать измерения плотности численности фитопланктона или концентрацию хлорофилла в различные моменты времени.

**Выводы.** Данная модель позволяет экспериментально проверить допустимость использования линейного приближения для удельной скорости изменения численности популяции фитопланктона и удельной скорости поглощения поллютанта клетками. В случае согласия с экспериментальными данными она позволит предсказывать по заданному количеству концентрации поллютанта начальные концентрации клеток фитопланктона, приводящие к полному вымиранию популяции. А именно при выполнении условия  $\tilde{n}_0 < \tilde{m}_0 - 1 - \ln \tilde{m}_0$  или  $\frac{c}{ap} n_0 < \frac{\sigma}{ap} m_0 - 1 - \ln \frac{\sigma}{ap} m_0$  численность клеток фитопланктона стремится к нулю

Измерение количества поллютанта в среде культивирования в разные моменты времени является трудоёмкой процедурой. Особенностью предлагаемой проверки модели является то, что она может использовать значения концентрации поллютанта только в начальный момент времени, а при большом числе измерений лишь его приближённое значение, необходимое в качестве начального значения для итерационной процедуры, используемой при аппроксимации. В случае большого числа экспериментальных данных и начальная плотность клеток может оцениваться по экспериментальным данным, а её приближённое значение использоваться, как и в случае концентрации поллютанта, только в качестве начального приближения.

Форма условия выбрана такой, чтобы оно выражалось в элементарных функциях. В серии экспериментов может быть более естественным при фиксированном  $\bar{n}_0$  изменять начальную концентрацию поллютанта. Т.к. при  $\bar{m}_0 > 1$  зависимость  $\bar{n}_0^c = \bar{m}_0 - 1 - \ln \bar{m}_0$  возрастает (следовательно определённому значению  $\bar{n}_0^c$  соответствует одно значение  $\bar{m}_0$ ), то решая это уравнение для выбранного  $\bar{n}_0$  можно найти такое  $\bar{m}_0^c$ , что при  $\bar{m}_0 > \bar{m}_0^c$  плотность клеток  $\bar{n}_0$  будет убывать на всем промежутке времени, а при  $\bar{m}_0 < \bar{m}_0^c$  возрастать быть может после убывания на начальном участке.

Для предсказания поведения численности при разных величинах лимитирующего питания необходимо оценить параметр  $a$ . Это можно сделать, проведя серию экспериментов и найдя точки  $(p_i, b_i)$ , при помощи (5), а затем извлечь из этих данных оценку параметра  $a$  методом наименьших квадратов (простейшая мультипликативная регрессия).

Для получения оценок параметров по результатам экспериментов (выполнения аппроксимации экспериментальных данных функциями (5) и (7)) может быть использовано существующее программное обеспечение, например, визуальное приложение `sftool`, входящее в состав пакета `matlab` [6].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рубин А.Б. Биофизика фотосинтеза и методы экологического мониторинга // Технология живых систем. 2005. – Т. 2. – С. 47–68.
2. Сидоренко В. М. Экспрессные флуориметрические методы мониторинга водных экологических систем. // Известия ЮФУ. Технические науки. 2009. – № 6 (95). – С. 156–164.
3. Сиделев С.И. Анализ связей пигментных и структурных характеристик фитопланктона высокоэвтрофного озера. / Сергей И. Сиделев, Ольга В. Бабаназарова / Журнал Сибирского федерального университета. Серия Биология. – 2008 – Т.1, № 2. – С. 162–177.
4. Перцев Н. В., Математическая модель динамики популяции, развивающейся в условиях воздействия вредных веществ / Н. В. Перцев, Г. Е. Царегородцева // Сиб. журн. индустр. матем.– 2010, Т. 13, № 1. – С. 109–120.
5. Ильин В.А., Позняк Э.Г. Основы математического анализа. Часть II.– М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 464 с.
6. Ануфриев И.Е, Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. Matlab 7. – СПб.: БХВ-Перербург, 2005. – 1104 с.

## БРИОФЛОРА ГОРНЯЦКОГО РАЙОНА г. МАКЕЕВКИ

*Резюме.* В данной работе представлены результаты систематической инвентаризации и анализа бриофлоры Горняцкого района города Макеевка.

*Ключевые слова:* бриоиндикация, мохообразные, экологический анализ, Макеевка, Донбасс.

В современном мире антропогенная деятельность все в большей степени влияет на экологическую ситуацию, а её негативные последствия – на жизнь окружающих живых объектов. С целью предупреждения таких негативных влияний и раннего их выявления рационально использовать мохообразные так как они являются одними из наиболее перспективных объектов биомониторинга и неотъемлемым компонентом растительных сообществ умеренного пояса. С помощью мохообразных возможно обнаруживать места скопления в экологических системах различного рода загрязнений, проследить скорость происходящих в окружающей среде изменений, также можно судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы и прогнозировать дальнейшее развитие экосистемы [1-3].

Одно из ведущих направлений научных исследований на техногенно-трансформированных территориях Донбасса, в частности города Макеевки является оценка и мониторинг биоразнообразия [4-6].

Исследуемая территория располагается на юге города Макеевка в умеренно-континентальном климате, что является благоприятным фактором для распространения различных видов мохообразных и является крупнейшим по численности населения районом. Имеет множество жилых массивов, автомагистралей и более 13 промышленных предприятий и шахт, наличие которых непосредственно влияет на окружающую среду. Материалом для составления списка бриофлоры послужили исследования в 2015-2017 годах в селитебных, рекреационных и антропогенно-трансформированных ландшафтах Горняцкого района. Территория выделена как часть общей программы комплексного мониторинга с помощью биообъектов в Донбассе [4, 5, 7-9]. При таксономической идентификации образцов мохообразных использовали стандартный сравнительно-морфологический метод с помощью определителей [10-11]. В результате проведенных исследований на антропогенно-трансформированных экотопах Горняцкого района было определено 27 видов, которые относятся к отделу *Bryophyta*, 2 классам, 7 порядкам, 15 семействам, 21 родам.

Список видов мохообразных биотопов Горняцкого района города Макеевки:

### Надотдел *BRYOBIONTA*

#### Отдел *Bryophyta*

##### Класс *Bryopsida*

##### Порядок *Funariales* Fleisch.

##### Семейство *Funariaceae* Schwaegr.

Род *Funaria* Hedw.

Вид *Funaria hygrometrica* Hedw. – фунария влагомерная

##### Порядок *Dicranales* Philib. ex. Fleisch.

##### Семейство *Ditrichaceae* Limpr., non. cons.

Род *Ceratodon* Brid.

Вид *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid – цератодон пурпурный

Род *Ditrichum* Bruch & Schimp., nom. cons.

Вид *Ditrichum pusillum* (Hedw.) Hampe (*D. tortile* (Schrad.) Brockm., *Didymodon pusillum* Hedw.) – дитрихум маленький

**Семейство *Dicranaceae* Schimp.**

Род *Dicranella* (H. Mull.) Schimp., nom. cons.

Вид *Dicranella cerviculata* (Hedw.) Schimp. – дикранелла зобатая

Род *Dicranum* Hedw.

Вид *Dicranum polysetum* Sw. – дикранум многоножковый

**Порядок *Pottiales* Fleisch.**

**Семейство *Pottiaceae* Schimp., nom. cons**

Род *Weissia* Hedw. (*Astomum* Hampe)

Вид *Weissia brachycarpa* (Nees & Hornsch.) Jur (*W. microstoma* (Hedw.) C. Mull., *Hymenostomum microstomum* (Hedw.) R. Br. ex Nees & Hornsch.) – вейсия короткоплодная

Вид *Weissia controversa* Hedw. – вейззия спорная

Род *Barbula* Hedw., nom. cons

Вид *Barbula unguiculata* Hedw. – барбула ногтевидная, полудюймовая

Род *Tortula* Hedw., nom. cons. (*Desmatodon* Brid., *Pottia* Ehrh. ex Furnr.)

Вид *Tortula muralis* Hedw. – тортула стенная

Род *Syntrichia* Brid.

Вид *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr (*Tortula ruralis* (Hedw.) P. Gaerth., B. Mey. & Schreb) – синтрихия сельская

**Порядок *Orthotrichales* Dix.**

**Семейство *Orthotrichaceae* Arn.**

Род *Orthotrichum* Hedw.

Вид *Orthotrichum speciosum* Nees (*Orthotrichum elegans* Schwägr. ex Hook. & Grev., *Orthotrichum killiasii* Müll.Hal.) – ортотрихум красивый (прекрасный)

**Порядок *Bryales* Limpr.**

**Семейство *Aulacomniaceae* Schimp.**

Род *Aulacomnium* Schwägr.

Вид *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr. (var. *imbricatum* Bruch et al.) – аулакомниум (аулакомний) болотный

**Семейство *Bryaceae* Schwaegr.**

Род *Bryum* Hedw. (*Imbribryum* N.Pedersen)

Вид *Bryum argenteum* Hedw. (*B. argenteum* var. *lanatum* (P.Beauv.) Hampe, *B. lanatum* (P.Beauv.) Brid., *Anomobryum lanatum* (P.Beauv.) J.R.Spence & H.P.Ramsay) – бриум серебристый

Вид *Bryum caespiticium* Hedw. (*B. badium* (Brid.) Schimp., *B. comense* Schimp.) – бриум дернистый

Вид *Bryum capillare* Hedw. (*Bryum kaernbachii* Müll.Hal., *Plagiobryum capillare* (Hedw.) N.Pedersen) – бриум волосовидный

**Семейство *Plagiomniaceae* Т. Кор. (*Mniaceae* tribus *Plagiomnieae* Т. Кор.)**

Род *Plagiomnium* Т. Кор.

Вид *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) Т. Кор. (*Mnium cuspidatum* (Hedw.) Т. Кор.) – плагиомниум заостренный

**Порядок *Hypnales* (Fleisch.) W.R.Buck&Vitt**

**Семейство *Amblystegiaceae* Kindb.**

Род *Amblystegium* Schimp.

Вид *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp. – амблистегииум ползучий

Вид *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp. (*Platydictiasubtilis* (Hedw.) H.A.Crum, *Serpoleskeasubtilis* (Hedw.) Loeske, *Amblystegiella subtilis* (Hedw.) Loeske) – амблистегииум тонкий



**Семейство *Leskeaceae* Schimp.**

Род *Leskea* Hedw.

Вид *Leskea polycarpa* Hedw. – лескея многоплодная

**Семейство *Brachtheciaceae* Schimp.**

Род *Brachythecium* Schimp.

Вид *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al. – брахитециум полевой

Вид *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp. – брахитециум Мильде

Вид *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al. (var. *capillaceum* (F. Weber & D.Mohr) Lorentz; ssp. *rotaeantum* (De Not.) J.J. Amann) – брахитециум неровный (шероховатый)

**Семейство *Hypnaceae* Schimp.**

Род *Hypnum* Hedw., nom. cons.

Вид *Hypnum cupressiforme* Hedw. – гипнум кипарисовидный

**Семейство *Hylocomiaceae* (Broth.) Fleisch.**

Род *Pleurozium* Mitt., nom. cons.

Вид *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt – плеурозиум Шребера

Род *Hylocomium* Bruch et al.

Вид *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al. (*Hylocomium alaskanum* (Lesq. & James) Austin, *Hylocomium proliferum* (Brid.) Lindb., *Hypnum proliferum* Brid.) – гилокомиум (гилокомий) блестящий (израстающий)

**Семейство *Pylaisiaceae* Schimp.**

Род *Calliergonella* Loeske

Вид *Calliergonella cuspidata* (Hedw.) Loeske – каллиергонелла (каллиэргонелла) заостренная

Класс *Polytrichopsida*

**Порядок *Polytrichales* M.Fleisch.**

**Семейство *Polytrichaceae* Schwaegr.**

Род *Polytrichum* Hedw.

Вид *Polytrichum commune* Hedw. – политрихум обыкновенный, кукушкин лен обыкновенный, политрих обыкновенный

Вид *Polytrichum juniperinum* Hedw. – политрихум можжевельниковидный, кукушкин лен можжевельниковидный, политрих можжевельниковый

При анализе и систематизации списка было выявлено, что из всего видового богатства самыми крупными порядками были *Hypnales* (Fleisch.) W.R.Buck&Vitt включающий в себя 10 видов, *Pottiales* Fleisch. и *Bryales* Limpr. включающие по 5 видов каждый. Порядками имеющими представителя всего одного вида были *Funariales* Fleisch. и *Orthotrichales* Dix.

Среди семейств доминирующими, имеющими от 3 до 5 видов, были такие как *Pottiaceae* Schimp., nom. cons, *Brachtheciaceae* Schimp. и *Bryaceae* Schwaegr. Семейства *Ditrichaceae* Limpr., non. cons, *Dicranaceae* Schimp., *Amblystegiaceae* Kindb., *Hylocomiaceae* (Broth.) Fleisch. и *Polytrichaceae* Schwaegr. составляли по 2 вида каждое, остальные семейства были представлены по одному роду и виду каждое.

При изучении бриофлоры Горняцкого района г. Макеевки наиболее часто встречающимися были такие виды как *Bryum argenteum* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al. и *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp., *Polytrichum commune* Hedw., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp. и *Tortula muralis* Hedw.

Виды, которые были обнаружены наиболее редко или в единичном экземпляре: *Funaria hygrometrica* Hedw., *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Кор. и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al.

Таким образом, в бриофлоре Горняцкого района было определено 27 видов, которые относятся к отделу *Bryophyta*, 2 классам, 7 порядкам, 15 семействам, 21 родам. На основе проведенного анализа образцов мохообразных было выявлено, что доминирующими на антропогенно-трансформированных территориях Горняцкого района г. Макеевки являются такие семейства как *Pottiaceae* Schimp., nom. cons, *Brachtheciaceae* Schimp. и *Bryaceae* Schwaegr.; также активно растущими почти повсеместно являются виды: *Bryum argenteum* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp., *Polytrichum commune* Hedw., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimp. и *Tortula muralis* Hedw. Можно сказать, что эти виды составляют основную таксономическую представленность по численности бриофлоры Горняцкого района.

Тема выполнена в рамках инициативной НИР ДонНУ – «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» (ГР № 0117D000192).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фронтасьева М. В. Нейронный активационный анализ в науках о жизни. Обзор / М. В. Фронтасьева // Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2011. – Т. 42, № 2. – С. 636-716.
2. Сафонов А. И., Морозова Е. И. Видовое разнообразие мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации. / А. И. Сафонов, Е. И. Морозова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 3-4. – С. 24-32.
3. Морозова Е. И. Фиторазнообразие как информационный ресурс эффекта промышленного загрязнения / Е. И. Морозова, А. И. Сафонов // Комплексное использование природных ресурсов: матер. науч. конф. (Донецк, 10 декабря 2015 г.). – Донецк, Изд-во ДонНТУ, 2015. – С. 86-88.
4. Морозова Е. И. Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных / Е.И. Морозова, А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2016 : Образование, наука и вызовы современности : матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16-18 мая 2016 г.). Т. 1. Физ.-мат., техн. науки и экол. – Донецк: Изд-во ЮФУ, 2016. – С. 317-318.
5. Сафонов А. И. Экологический фитомониторинг в Донбассе / А. И. Сафонов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. докл. XI Междунар. науч. конф. аспирантов и студентов (Донецк, 11-13 апреля 2017 г.). – Донецк : ГОУ ВПО «ДОННТУ»; Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2017. – С. 4-7.
6. Сафонов А. И. Индикаторная роль растений в системе управления городом в промышленном регионе / А. И. Сафонов // Экологическая ситуация в Донбассе: проблемы безопасности и рекультивации повреждённых территорий для их экономического возрождения. – М. : Изд-во МНЭПУ, 2016. – С. 288-294.
7. Морозова Е. И. Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки / Е. И. Морозова, А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса: матер. Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых (Донецк, 17-20 октября 2017 г.). Т. 2. Хим.-биол. науки. – Донецк : Изд-во ДонНУ, 2017. – С. 100-102.
8. Машталер А. В. Мохообразные в условиях промышленного Донбасса / А. В. Машталер // Матер. Всерос. науч.-практ. конф. «Экология промышленного региона и экологическое образование» (Нижний Тагил, 30 ноября – 1 декабря 2004 г.). – Нижний Тагил: НТГСПА, 2004. – С.73-74.
9. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 1-2. – С. 8-14.
10. Бачурина Г.Ф., Мельничук В.М. Флора мохів Української РСР, вип. 1. – К.: Наук. думка, 1987. – 180 с., вип. 2. – 1988. – 180 с.
11. Игнатов М. С. Флора мхов средней части европейской России / М. С. Игнатов, Е. А. Игнатова. – М. : КМК, 2003. – Т. 1. – 608 с; М. : КМК, 2004. – Т. 2. – С. 608-994.

## **ВЛИЯНИЕ ИНФЕКЦИИ НА НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ХРАНЕНИИ**

*Резюме.* В данном исследовании показаны результаты влияния инфекционных заболеваний на некоторые биохимические показатели клубней картофеля в период хранения. Сравнивались два сорта картофеля, пораженных фитофторозом и смешанной (микозной и бактериальной) инфекцией по содержанию воды, крахмала, суммы сахаров и растворимых пектинов. Сорта картофеля отличались по биохимическим показателям. Фитофтороз и смешанная инфекция приводят к снижению углеводов в клубнях картофеля, причем крахмал активнее используется фитопатогенным грибом, чем бактериями.

*Ключевые слова:* картофель, фитофтороз, бактериоз, оводненность, сахара, крахмал, пектины.

Картофель один из самых основных и популярных сельскохозяйственных культур в мире, используемых не только для питания, но и для переработки на различные картофелепродукты. Химический состав клубней колеблется в довольно широких пределах и зависит от ряда факторов: сорта, степени зрелости, почвенных и климатических условий, количества и качества удобрений и т.д. Так, содержание воды в клубнях колеблется от 64 до 86%, соответственно содержание сухих веществ равно 14-36%. Такие же колебания наблюдаются и в отношении отдельных компонентов [1].

Большие потери урожая картофеля связаны с наличием различных инфекционных заболеваний. В значительной степени это обусловлено особенностями биологии растения и вирулентности патогена. Вегетативное размножение данной культуры определяет возможность постоянного существования возбудителей болезней в паразитически активной форме: на ботве в период вегетации и в клубнях в период хранения. Сочные, богатые углеводами и водой ботва и клубни являются благоприятной средой обитания для всех групп возбудителей болезней [1].

По литературным данным, потери картофеля в Российской Федерации от фитофторозов составляют 10 % от урожая, в эпифитотийные периоды – до 30 %, а в Белоруссии – до 50 %. Ежегодные потери от бактериозов составляют 10-15 % от собираемого урожая [2, 3].

Микозно-бактериальные гнили встречаются более чем в 80 % пораженных клубней, среди них обычно чаще встречаются фузариозно-бактериальные гнили и фузариозно-фитофторозно-бактериальные [2, 4]. При распространении фитопатогенных вирусов потери урожая могут достигать 50 %.

При хранении в картофеле могут развиваться болезни, начавшиеся в вегетационный период и возникать новые, связанные с неправильным, не соответствующим требованиям хранением – смешанные болезни. Своевременное выявление заболеваний и принятие мер по защите растения позволяет существенно сохранить урожай [5].

Целью нашей работы были сравнительные исследования влияния микозных и бактериальных заболеваний картофеля на некоторые биохимические показатели клубней при его хранении.

В задачи входило изучение влияния болезней на оводненность, сумму сахаров, содержание крахмала и пектинов двух сортов картофеля.

Объектами исследований были клубни картофеля сорта Родриго (Белоруссия) и Гала (РФ), приобретенные на рынке в декабре, т.е. в период хранения. Для определения степени оводненности и содержания растворимых пектинов использовали гравиметрический метод, для выявления содержания сахаров и крахмала – титриметрический метод Х. Н. Пачинка [6].

Исследования показали, что сорта картофеля отличались по биохимическим показателям. В здоровых клубнях сорта Родриго 76,1% воды, 8,2% крахмала, 4,0% сахаров и 0,8% пектинов. В клубнях сорта Гала – 97,4% воды, 23,6% крахмала, 9,1% сахаров и 0,1% пектинов.

Из клубней сорта Родриго, пораженных фитофторозом, была выделена чистая культура изолята РБ-1.17, из клубней сорта Гала – изолят ГРФ-1.17 *Phytophthora infestans* DB.

При хранении в холодильнике часть клубней, пораженных фитофторой, заболела вторичной инфекцией – бактериозами с явными признаками мокрой гнили. На клубнях сорта Родриго гниль вызывали бактерии *Pseudomonas*, на клубнях сорта Гала – *Erwinia carotovora* (Jon.) Holl. Зараженный картофель показан на рис. 1.

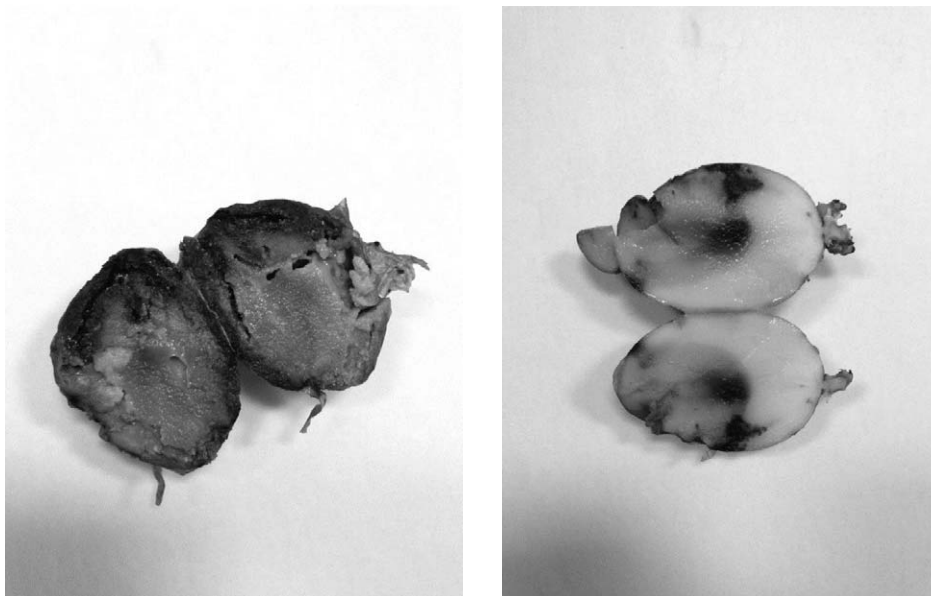


Рис. 1. С лева на право: 1 – клубень сорта Гала зараженный смешанной инфекцией.  
2 – клубень сорта Гала зараженный фитофторозом.

Инфекции вызвали различные биохимические изменения клубней картофеля, зависящие от сорта, биологии патогена, характера инфекции.

Влажность клубней картофеля сорта Гала (более 97%) существенно не изменилась под действием инфекции. У клубней сорта Родриго почти на 4% оводненность повысилась под действием смешанной инфекции и составила 80,1%.

Углеводы, как известно, являются основными структурными и запасными веществами растений. При нарушении синтеза структурных элементов снижается урожай. При инфекционных заболеваниях причинами может быть угнетение активности определенных ферментов, нарушение передвижения органических соединений, использование последних паразитом. Количественные и качественные изменения углеводного комплекса инфицированных растений зависят от биологических особенностей партнеров (патогена и растения-хозяина). Доминирующей тенденцией является истощение больных растений в отношении углеводов и доминирование процессов деполимеризации сложных форм запасных углеводов [7].

Результаты исследований биохимических показателей клубней картофеля сорта Родриго, пораженных фитофторозом и бактериозом, представлены на рис. 2.

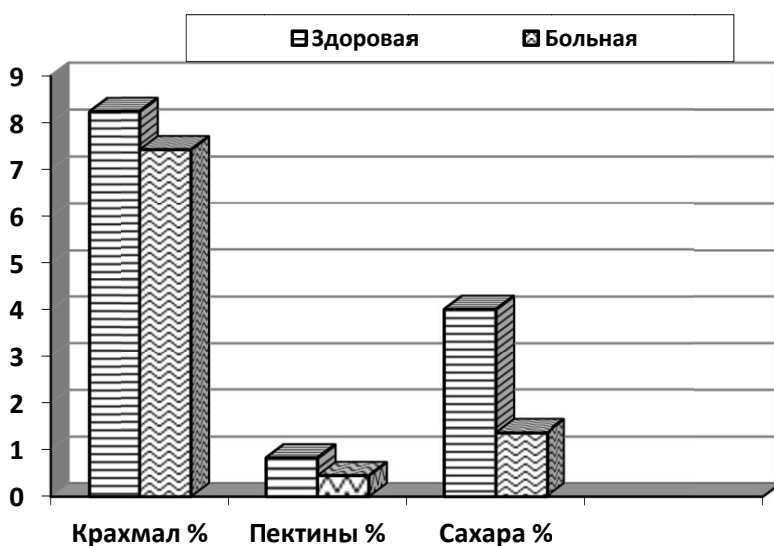


Рис. 2. Влияние смешанной инфекции на содержание углеводов в клубнях сорта Родриго

Известно, что факультативные паразиты, синтезирующие гидролитические ферменты, вызывают усиленный распад запасных углеводов [8]. Так, под действием амилаз происходит распад крахмала. В клубнях картофеля сорта Родриго, пораженного фитофторозом, содержание крахмала снизилось на 2,4%, а сорта Гала – на 6,5% по сравнению со здоровыми.

Смешанная инфекция (фитофтороз и бактериоз) в меньшей степени, чем микоз, снижает содержание крахмала в клубнях – на 1,0 и 4,6% соответственно.

Результаты исследований биохимических значений клубней картофеля сорта Гала, пораженных фитофторозом и бактериозом, представлены на рис. 3.

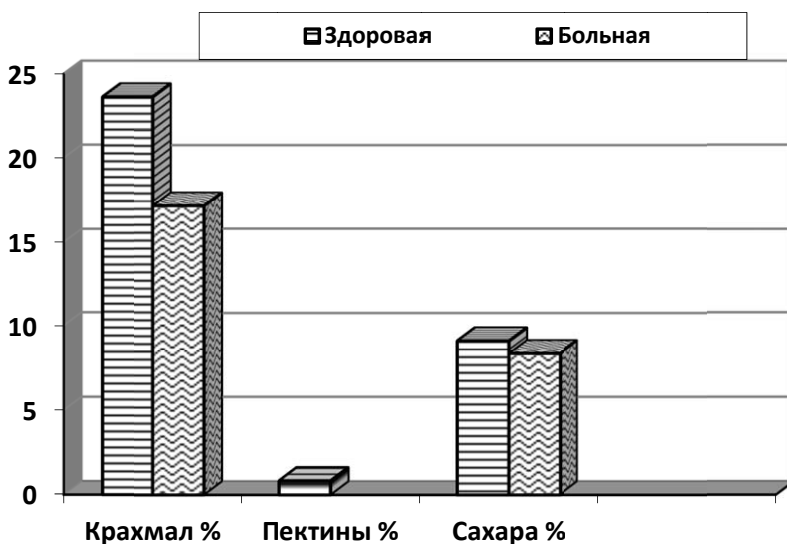


Рис. 3. Влияние смешанной инфекции на содержание углеводов в клубнях сорта Гала

При смешанной инфекции сумма сахаров в клубнях также снижается по сравнению со здоровыми: у сорта Родриго – на 2,7%; у сорта Гала – на 0,8% .

Содержание растворимых пектинов под действием фитофтороза и бактериоза у клубней сорта Родриго снизилось в 2 раза, сорта Гала – в 2,3 раза.

Таким образом, исследованные сорта картофеля различаются по содержанию воды и углеводов: сорт Гала превосходит сорт Родриго по содержанию в клубнях воды, крахмала, суммы сахаров, но уступает ему по количеству пектинов. Фитофтороз и смешанная инфекция приводят к снижению углеводов в клубнях картофеля, причем крахмал активнее используется фитопатогенным грибом, чем бактериями.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попкова К.В., Шнейдер Ю.И., Воловик А.С., Шмыгля В.А. Болезни картофеля. – Москва: Колос, 1980. – 303 с.
2. Анисимов Б.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А., Еланский С.Н., Журомский Г.К., Завриев С.К., и др. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. – Москва: Картофелевод, 2009. – 272 с.
3. Иванюк В. Г. Фитофтороз картофеля и пути снижения его вредоносности // Защита и карантин растений. 2009. №5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/fitofloroz-kartofelya-i-puti-snizheniya-ego-vredonosnosti> (дата обращения: 21.02.2018).
4. Щербakov А.В., Щербакoвa Е.Н., Мулина С.А., Рoц П.Ю., Дарью Р.Ф., Кипрушкина Е.И., Гончар Л.Н., Чеботарь В.К. Психрофильные псевдомонады-эндofиты как потенциальные агенты в биоконтроле фитопатогенных и гнилостных микроорганизмов при холодильном хранении картофеля // С.-х. биол., Сельхозбиология. 2017. №1. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/psihrofilnye-pseudomonady-endofity-kak-potentsialnye-agenty-v-biokontrolе-fitopatogennyh-i-gnilostnyh-mikroorganizmov-pri-holodilnom> (дата обращения: 21.02.2018).
5. Болезни растений. Под ред. Ветровой Е.В. – Донецк: ДонНУ, 2011. – 355 с.
6. Починoк Х.Н. Методы биохимического анализа растений. – К.: Наукова думка, 1976. – 334 с.
7. Малыгина В.Д., Ветрова Е.В., Рябченко Н.А., Павлова В.А., Федоренко В.П. Біопoшкодження рослинних ресурсів и продовольчої сировини.– Київ.: Кондор, 2009. – 246 с.
8. Ильичев В.Д., Бочаров Б.В. Биоповреждения.– Учеб. пособие для биолог. спец. вузов. - М.: Высшая школа, 1987. – 352 с.

УДК 591.1:591.473.3:577.175.5

*Пенькова А.С., Безуглая Е.В., Орoбинская В.Д., Боярко Н.Е.  
Научный руководитель: Труш В.В., к.мед.н, доцент, зав. кафедрой,*

#### **ВЛИЯНИЕ ДЕКСАМЕТАЗОНА НА ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТОВ АДРЕНАЛИНА НА СОКРАТИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЕ БЕЛЫХ КРЫС**

*Резюме.* В экспериментах на крысах исследована эффективность влияния адреналина (А) на сократительные и временные параметры сокращения передней большеберцовой мышцы в динамике введения терапевтических доз дексаметазона (Д).

Установлено, что длительное введение Д вызывало фазные изменения чувствительности мышцы к А и возможности реализации его эффектов. В частности, спустя первые 10 дней введения Д реакция мышцы на А, несмотря на ухудшение ее силовых и скоростных параметров, сохранялась. Спустя 30 дней введения Д наблюдались наиболее выраженные функциональные нарушения в мышце, обуславливающие невозможность реализации эффектов А. Спустя 60 дней введения Д эффекты А на мышцу вновь начинали проявляться, что указывает в пользу некоторой адаптации нервно-мышечной системы к длительному введению Д в постоянной дозе, но сохранялись признаки повышенной утомляемости мышцы.

*Ключевые слова:* скелетная мышца, стероидная миопатия, глюкокортикоиды, дексаметазон, адреналин.

**Введение.** Глюкокортикоиды и их синтетические аналоги широко используются в клинической практике и наряду с позитивными лечебными эффектами оказывают негативное побочное действие на нервно-мышечную, костную и лимфоидную системы [1, 2]. Несмотря на наличие в литературе разнообразных сведений относительно метаболических расстройств и структурных нарушений в скелетной мускулатуре,

вызванных избытком глюкокортикоидов, вопросы, касающиеся патогенеза стероидной миопатии, а также изменения чувствительности скелетных мышц под влиянием глюкокортикоидов к другим гормонам, в том числе к катехоламинам, изучены не достаточно.

Вместе с тем, по эффективности реализации эффектов катехоламинов на скелетную мышечную ткань в условиях гиперкортицизма можно косвенно судить о функциональном ее состоянии, поскольку выраженные патологические сдвиги в нервно-мышечном аппарате под действием избытка глюкокортикоидов могут сделать невозможной полноценную реализацию эффектов катехоламинов.

В связи с отмеченным целью настоящей работы явилось исследование на основании данных миографии эффективности влияния адреналина на сократительные и скоростные параметры сокращения скелетной мышцы белых крыс в динамике насыщения организма терапевтическими дозами дексаметазона.

**Материалы и методы исследования.** Все исследования были выполнены в соответствии с «Руководством по уходу и использованию лабораторных животных» (публикация Национального института здоровья № 85-23, США) и «Руководством по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ» [3]. Объектом исследования служила передняя большеберцовая мышца, относящаяся, как и большинство мышц млекопитающих, к смешанному типу с преобладанием быстрых мышечных волокон [4], характеризующихся более высокой в сравнении с медленными чувствительностью к глюкокортикоидам [5].

Эксперименты проводились на 40 половозрелых молодых (4-5-ти месячных) крысах-самках со средней исходной массой тела  $220,8 \pm 2,18$  г, первоначально разделенных на 2 группы: контрольную ( $n=10$ , К-группа) и опытную ( $n=30$ ). Животные опытной группы подвергались введению синтетического аналога глюкокортикоидов дексаметазона в дозе, адекватной терапевтической для человека (раствор для инъекций фирмы KRKA, Словения, 0,25 мг/кг, внутривенно, 1 раз в 2-е суток), на протяжении 10-ти (группа Д10), 30-ти (группа Д30) и 60-ти (группа Д60) дней. Таким образом, в пределах опытной группы было сформировано 3 подгруппы животных ( $n=10$  в каждой), каждая из которых получила разное количество инъекций дексаметазона. Такой подход позволил нам исследовать характер функциональных изменений в скелетной мышце по мере увеличения степени насыщения животного организма дексаметазоном и воспроизвести модель хронического его применения, аналогичную таковой в клинической практике.

Для регистрации сократительных параметров передней большеберцовой мышцы использовалась экспериментальная установка, состоящая из двух каналов. *Канал электростимулятора* представлен электростимулятором, построенным на основе функционального генератора ICL8038CCDP, оптронной гальванической развязкой и биполярными игольчатыми стальными электродами с межэлектродным расстоянием 1 мм. *Эргометрический канал* включал датчик перемещения (потенциометрический датчик ППП-1), биоусилитель и регистрирующее устройство. Описанный канал служил для измерения высоты, на которую поднимается груз во время сокращения мышцы с грузом, а также графической записи в цифровом виде собственно миограммы (эргограммы) в память многоканального цифрового запоминающего осциллографа Tektronix (TDS2004C).

Перед проведением острого опыта животное наркотизировали (тиопентал натрия, 100 мг/кг, внутривенно), после чего препаровали в области бедра малоберцовый нерв и на расстоянии 1 см проксимальнее коленного сустава подводили под него раздражающие электроды. Названный нерв иннервирует переднюю большеберцовую мышцу, сокращение которой вызывает сгибание стопы задней лапки. Стопа задней лапки животного крепилась зажимом, после чего на уровне большого пальца затягивалась лигатура, соединенная с потенциометрическим датчиком (датчик перемещения). При раздражении малоберцового нерва (6 с сверхпороговыми электрическими импульсами частотой 60 имп/с при

длительности импульсов 0,5 мс и силе тока 1000 мкА) стопа изгибалась, поднимая груз массой 80 граммов. Выбранная длительность нанесения раздражения (6 с) была достаточна для максимального укорочения мышцы в режиме гладкого тетануса. На основании эргограмм гладкого тетанического сокращения мышцы определяли латентный его период, амплитуду и скорость, продолжительность максимальной устойчивой работоспособности мышцы и послететанического расслабления.

Ход опыта был следующим. Первоначально, раздражая малоберцовый нерв электрическим током, вызывали тетаническое сокращение передней большеберцовой мышцы и регистрировали исходную эргограмму ее гладкого тетанического сокращения. Затем животным всех групп вводили внутримышечно адреналина гидрохлорид в сверхфизиологической дозе (водный раствор, 0,2 мг/кг, фирмы «Здоровье», Украина). Через 10 мин после введения катехоламина осуществляли повторную регистрацию эргограммы мышцы, на основании которой судили о реакции мышцы на адреналин. После этого мышца в течение 1 минуты выполняла утомляющую работу в режиме гладкого тетануса. По завершении выполнения утомляющей работы вновь регистрировали эргограмму гладкого тетанического сокращения мышцы, на основании которой судили о степени ее утомления. На всех этапах эксперимента мышца при сокращении работала с внешней нагрузкой в 80 г.

По окончании острого опыта в условиях глубокого наркоза проводили эвтаназию животных путем введения летальной дозы (300 мг/кг) тиопентала натрия.

Для оценки достоверности различий между центральными тенденциями сравниваемых групп (контрольной и опытных, получивших разное количество инъекций дексаметазона) использовали t-критерий Стьюдента, предварительно убедившись в том, что распределение значений исследуемых показателей в вариационном ряду соответствует нормальному закону (W-тест Шапиро-Уилка). Для оценки характера зависимости между числом инъекций дексаметазона и величиной исследуемых показателей использовался регрессионный анализ. Значения уровня значимости  $p$ , меньшие 0,05, рассматривали как статистически достоверные.

**Результаты исследований.** Хроническое введение дексаметазона уже после первых 10-ти дней сопровождалось уменьшением амплитуды тетанического сокращения (на 33%) и его скорости (на 50%,  $P < 0,01$  относительно контроля, см. табл.). Спустя 30 дней введения препарата наблюдалось еще и удлинение латентного периода сокращения (на 46%), укорочение периода максимальной устойчивой работоспособности мышцы (на 35%) и удлинение послететанического ее расслабления (на 29%,  $P < 0,01$  относительно контроля, см. табл.). Все это свидетельствует в пользу ухудшения сократительных параметров и работоспособности мышцы под действием дексаметазона, обусловленных возможными миопатическими изменениями и нарушением энергетического обеспечения сократительного акта.

По окончании 2-х месячного периода введения дексаметазона (у животных 30Д-группы) амплитуда тетанического сокращения и его латентный период нормализовывались, тогда как продолжительность периода расслабления оставалась удлиненной (на 34%), а период максимальной устойчивой работоспособности укороченным (на 32%), скорость тетанического сокращения уменьшенной (на 26%), что свидетельствует в пользу сохранности нарушений энергообеспечения сократительного акта.

Длительное введение дексаметазона вызывало фазные изменения чувствительности передней большеберцовой мышцы к адреналину и возможности реализации его эффектов. Так, введение адреналина контрольным животным в период острого опыта позитивно сказывалось на силовых, скоростных параметрах и работоспособности передней большеберцовой мышцы. В частности, через 10 минут после введения адреналина у животных К-группы наблюдалось увеличение относительно исходного уровня максимально достижимой амплитуды тетанического сокращения мышцы (на 33%,  $P < 0,01$ ), удлинение периода максимальной устойчивой ее



работоспособности (на 17%,  $P<0,05$ ), укорочение латентного периода ее сокращения (на 26%,  $P<0,01$ ), продолжительности послететанического расслабления (на 16%,  $P<0,01$ ) и увеличение скорости сокращения (на 185%,  $P<0,01$ , см. табл.). Все это может быть следствием повышением под влиянием адреналина степени электромеханического сопряжения в мышечных волокнах, скорости актомиозинового взаимодействия и, возможно, интенсификации энергетического обмена как в собственно мышечных волокнах, так и в организме в целом, что обуславливает повышение содержания и доступности макроэргов и энергетических субстратов в мышце.

Таблица

Средние значения некоторых параметров сокращения передней большеберцовой мышцы контрольных крыс и животных, получивших разное количество инъекций дексаметазона до (1), через 10 минут после введения адреналина (2) и после выполнения утомляющей работы (3)

Параметр	Период эксперимента	Группа животных			
		контроль (К)	Опыт (Д10)	Опыт (Д30)	Опыт (Д60)
Амплитуда тетанического сокращения мышцы, мм	1	14,5±0,72	9,8±1,12 (-33%)*	8,4±0,93 (-42%)*	13,7±1,19
	2	19,3±1,24 [+33%]*	13,7±1,32 [+41%]* (-29%)*	8,0±0,84 (-58%)*	18,5±1,54 [+35%]*
	3	9,2±0,92 [-37%]*	4,9±0,53 [-49%]* (-46%)*	3,6±0,39 [-56%]* (-60%)*	4,2±0,58 [-70%]* (-54%)*
Продолжительность максимальной устойчивой работоспособности мышцы, с	1	4,7±0,21	4,2±0,22	3,1±0,33 (-35%)*	3,2±0,33 (-32%)*
	2	5,8±0,28 [+17%]*	5,4±0,31 [+28%]*	4,3±0,41 [+41%]* (-22%)*	4,2±0,23 [+33%]* (-23%)*
	3	4,7±0,21	4,6±0,36	2,1±0,22 [-32%]* (-56%)*	3,3±0,34 (-31%)*
Латентный период тетанического сокращения, мс	1	15,9±1,11	15,3±1,38	23,2±2,16 (+46%)*	16,6±1,45
	2	11,8±1,01 [-26%]*	10,7±1,14 [-30%]*	16,7±1,63 [-28%]* (+42%)*	12,5±1,05 [-25%]*
	3	17,8±1,45	16,8±1,55	33,0±3,09 [+42%]* (+85%)*	22,3±1,96 [+34%]* (+25%)*
Скорость тетанического сокращения, мм/с	1	10,9±1,01	5,5±0,60 (-50%)*	4,4±0,48 (-40%)*	8,1±0,86 (-26%)*
	2	31,1±4,07 [+185%]*	19,1±2,90 [+246%]* (-39%)*	4,2±0,45 (-86%)*	15,5±1,62 [+93%]* (-50%)*
	3	8,9±0,98	4,3±0,55 (-52%)*	2,8±0,34 [-36%]* (-69%)*	3,5±0,43 [-56%]* (-60%)*
Продолжительность послететанического расслабления, мс	1	51,7±2,32	54,5±1,55	66,5±4,15 (+29%)*	69,2±6,04 (+34%)*
	2	43,4±1,78 [-16%]*	41,6±3,02 [-24%]*	52,7±3,57 [-21%]* (-21%)*	50,8±4,94 [-27%]* (-17%)*
	3	57,3±5,04	58,2±5,37	89,4±8,97 [+34%]* (+56%)*	93,4±8,71 [+35%]* (+63%)*

Примечания: в квадратных скобках указана разница относительно исходных значений (до введения адреналина, 1); в круглых скобках указана разница относительно контрольной группы в аналогичный период опыта; \* – различия статистически значимы ( $p<0,01$ ).

Спустя первые 10 дней введения дексаметазона (10Д-группа) адреналин проявлял способность повышать исходно сниженную амплитуду (на 41%,  $P<0,01$ ) и скорость тетанического сокращения (на 246%,  $P<0,01$ ), укорачивать латентный период сокращения (на 30%,  $P<0,01$ ) и продолжительность послететанического расслабления мышцы (на 24%,  $P<0,01$ ), а также удлинять период максимальной устойчивой работоспособности мышцы (на 28%,  $P<0,01$ , см. табл.). Спустя 30 дней введения дексаметазона (30Д-группа) адреналин сохранял способность укорачивать удлиненный, по сравнению с контролем, латентный период сокращения (на 28%,  $P<0,01$ ) и послететанического расслабления (на 21%,  $P<0,01$ ), удлинять укороченный относительно контроля период максимальной устойчивой работоспособности мышцы (на 41%,  $P<0,01$ ), но не влиял на сниженные амплитуду и скорость тетанического сокращения (см. табл.).

По окончании 2-х месячного периода введения дексаметазона (60Д-группа) восстанавливалась способность адреналина увеличивать амплитуду тетанического сокращения (на 35%,  $P<0,01$ ), удлинять сниженный относительно контроля период максимальной устойчивой работоспособности мышцы (на 33%,  $P<0,01$ ), укорачивать латентный период тетанического сокращения (на 27%,  $P<0,01$ ) и продолжительность расслабления мышцы (на 25%,  $P<0,01$ ), увеличивать исходно сниженную скорость сокращения (на 93%,  $P<0,01$ , см. табл.).

Дексаметазон существенно влиял на утомляемость мышцы. Так, у животных контрольной группы, стимулируемой во время острого опыта адреналином, выполнение мышцей утомляющей работы сопровождалось снижением только лишь амплитуды тетанического сокращения (на 37%), тогда как его скорость, латентный период, продолжительность периода максимальной устойчивой работоспособности и расслабления мышцы существенно не изменялись (см. табл.). Спустя первые 10 дней введения дексаметазона (10Д-группа) выполнение мышцей утомляющей работы сопровождалось более выраженным по сравнению с К-группой снижением исходно сниженной амплитуды сокращения (на 49%, см. табл.). Спустя 30 дней введения дексаметазона (30Д-группа) после выполнения мышцей утомляющей работы наблюдалось еще более существенное снижение амплитуды тетанического сокращения (на 56% относительно исходного уровня,  $P<0,01$ ), а также уменьшение его скорости (на 36%,  $P<0,01$ ) и максимальной устойчивой работоспособности мышцы (на 32%,  $P<0,01$ ), удлинение латентного периода сокращения (на 42%,  $P<0,01$ ) и послететанического расслабления (на 34%,  $P<0,01$ , см. табл.). Все это свидетельствует в пользу повышенной утомляемости мышцы спустя месячный период введения синтетического глюкокортикоида.

Спустя двухмесячный период введения дексаметазона (60Д-группа), несмотря на нормализацию исходных значений сократительных параметров мышцы и восстановление ее реакции на адреналин, признаки повышенной утомляемости мышцы все же сохранялись. Так, после выполнения утомляющей работы имело место существенное снижение относительно исходного уровня амплитуды (на 70%,  $P<0,01$ ) и скорости (на 56%,  $P<0,01$ ) тетанического сокращения, удлинение его латентного периода (на 34%,  $P<0,01$ ) и послететанического расслабления (на 35%,  $P<0,01$ , см. табл.). Продолжительность максимальной устойчивой работоспособности мышцы у животных 60Д-группы после выполнения утомляющей работы значимо не изменялась относительно исходного уровня, но оказалась значимо ниже контрольных значений, что также косвенно свидетельствует в пользу сниженной работоспособности мышцы и сохранности нарушений энергетического обеспечения сократительного акта, вызванных длительным введением синтетического глюкокортикоида.

Таким образом, длительное введение дексаметазона вызывало фазные изменения чувствительности передней большеберцовой мышцы к адреналину и возможности реализации его эффектов. В частности, спустя первые 10 дней введения дексаметазона

реакция мышцы на катехоламин, несмотря на ухудшение ее силовых и скоростных параметров, сохранялась. Спустя 30 дней введения дексаметазона наблюдались наиболее выраженные функциональные нарушения в мышце, отражающие как метаболические расстройства в ее волокнах, так и возможные дегенеративные изменения в волокнах гликолитического типа и обуславливающие невозможность реализации эффектов адреналина. Спустя 60 дней введения синтетического глюкокортикоида наблюдалась тенденция нормализации силовых и скоростных параметров передней большеберцовой мышцы, являющаяся следствием адаптации нервно-мышечного аппарата к длительному введению глюкокортикоида. Как следствие этого, эффекты адреналина на мышцу спустя 2 месяца введения дексаметазона вновь начинали проявляться, что еще раз подтверждает тенденцию к нормализации функционального состояния мышцы к данному экспериментальному сроку. Вместе с тем, признаки повышенной утомляемости мышцы все же сохранялись.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полунина А.Г., Исаев Ф.В., Демьянова М.А. Стероидная миопатия // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2012. – Т. 112, № 10-2. – С. 60–64.
2. Труш В.В., Соболев В.И. Амплитудно-частотная зависимость М-ответа скелетной мышцы крыс с экспериментальным гиперкортицизмом // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2015. – Т.101, №7. – С. 829-842.
3. Фисенко В.П., ред. *Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ*. М.: Минздрав РФ, ЗАО «ИИА „Ремедиум“»; 2000.
4. Gauthier GF. Skeletal muscle fiber types. In: Engel A.G., Banker B.Q., eds. *Myology. Basic and clinical*. New York, NY: McGraw-Hill; 1986: 255–283.
5. Savary I., Debras E., Dardevet D. Effect of glucocorticoid excess on skeletal muscle and heart protein synthesis in adult and old rats. *British Journal of Nutrition*. 1998. 3: 297–304.

УДК 581.9 : 582.35 : 635.9

**Пчеленко О.В.**

**Научный руководитель: Сафонов А.И., к.б.н., доцент, зав. кафедрой**

#### **ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ В АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННОЙ СРЕДЕ**

*Резюме.* В ходе работы была сформирована выборка видов растений, составлен систематический список этих видов с распределением их по биологическим элементам флоры. На рисунках представлены экспозиции некоторых объектов эколого-ботанического анализа. Установлена возможность и целесообразность проведения ботанико-экологического анализа состояния видов растений, которые в определенных неблагоприятных условиях произрастания характеризуются дополнительно еще и эстетической ценностью.

*Ключевые слова.* антропогенные экотопы, сорно-рудеральные виды, антропогенная среда

Зелёные насаждения способны уменьшать техногенное давление на окружающую среду. Это достаточно важный фактор в условиях развитой промышленности Донбасса. Также растения имеют эстетическое, экологическое и экономическое значения. Декоративные растения нуждаются в постоянном уходе и далеко не всегда выдерживают неблагоприятные условия среды.

Альтернативой высокодекоративным растениям может быть группа сорно-рудеральных видов. Для них характерен быстрый рост и расселение, быстрая приспособляемость, устойчивость к стрессовым условиям среды, трансформированной человеком [1-3].

В результате антропогенного воздействия на биологические объекты и природные экосистемы в промышленных регионах происходят необратимые изменения экологических факторов среды. Данные изменения приводят к трансформации существующих экотопов и возникновению новых. Техническая и технологическая деятельность человека выступает мощным фактором, под влиянием которого возникают антропогенные экотопы [1, 4, 5-7]. Среди антропогенных экотопов были выделены следующие категории [6]:

- собственно техногенные экотопы – промышленные пустыри и свалки;
- экотопы с полностью преобразованными эдафотопами – карьерно-отвалы ландшафты, отвалы угольных шахт;
- промплощадки предприятий – металлургических, химических, коксохимических;
- экотопы путей сообщения – автодороги, железные дороги;
- селитебные – районы жилой застройки, пустыри, свалки бытового мусора;
- икультурфитоценозы – посадки, газоны, агрофитоценозы.

На основе данной классификации была построена схема маршрутных исследований, которая включала в себя включала селитебные экотопы, экотопы путей сообщения, экотопы с полностью преобразованными эдафотопами, собственно техногенные экотопы [6]: ул. Кирова 43 – 3; парк им. Щербакова, ул. Университетская 7 – ул. Розы Люксембург 1; сквер ул. Соловьяненко 115А; ул. Бирюзова 61 – 50.; ул. Дагестанская 48 – ул. Краснофлотская 33; обочина трамвайных путей трамвая № 3 ул. Кирова 3 – ул. Куйбышева 39; платформа «Старомихайловка» на станции Донецкой железной дороги «Красногоровка»; обочина дороги ул. Кирова 288 – 286; остановка трамвая №8 «ТК Сокол» по ул. Петровского; отвал шахты им. А.А. Скочинского, ул. Углекаменная; свалка по ул. Ленина 202; промышленный пустырь ул. Кирова 286.

В результате маршрутных исследований была получена выборка растений для первичного анализа и фотоматериал с исследуемых экотопов. Выборка растений представлена 24 видами, которые характеризуются определённым специфическим эстетизмом. На основе собранных данных была сформирована таблица 1.










Таблица 1

Систематический список некоторых видов с распределением их по биологическим элементам флоры

№ п/п	Вид (латинское и русское название)	Элемент флоры			Хоз. значение
		Жизненная форма	Экотоп	Ценотоп	
Семейство <i>Caryophyllaceae</i> – Гвоздичные					
1	<i>Saponaria officinalis</i> L. – мыльнянка лекарственная	Ч, кауд., д/крнщн., стржн.к., 30-60 см., VI-IX	олиготроф, сциофит, мезофит	сорно-кустарниково-лесной, псамофит.	дек., техн., лек., инсект., крас.
Семейство <i>Asteraceae</i> – Астровые					
2	<i>Cichorium intybus</i> L. – Цикорий дикий	Ч, стржн.к., 15-120 см, VII-IX	мезотроф, мезоксерофит, гелиофит	сорно-степолуговой	лек., дек., пищ.
3	<i>Taraxacum officinale</i> Webex. Wigg. – Одуванчик лекарственный	Ч, стржн.к., 10-30 см, IV-VIII	мезотроф, ксеромезофит, сциофит	сорно-полевой	лек., корм., мед., пищ.

Продолжение табл. 1

4	<i>Cirsium vulgare</i> (Savi) Ten. – Осот обыкновенный	☉, стржн.к., 50-150 см., VI-IX	эутроф, ксеромезофит, сциофит	сорно-рудеральный	сор.
5	<i>Carduus acanthoides</i> L. – Чертополох колючий	☉, стржн.к., 30-75 см. VI- VI	мезотроф, ацидофит, мезофит	сорно-рудерально-полевой	сор., пищ., смол., мед.,
6	<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC. – Горчак ползучий	☿, стржн.к., 15-75 см., V- IX	галофит, ксерофит	сорно-полевой	сор.
7	<i>Achillea stepposa</i> Klok. Et Krutzka – Тысячелистник степной	☿, д/кршн., 30-90 см, VI- IX	мезофит, гелиофит	сорно-рудерально-луго-полевой	лек., дек., мед., прян
8	<i>Sonchus arvensis</i> L. – Осот полевой	☿, стржн.к., 30-100 см. VII- IX	гидрофит, эутроф, ацидофит	сорно-полевой	сор., мед.
9	<i>Tragopogon majus</i> Jacq. – Козлобородник большой	☉, стржн.к., 30-100 см., V- IX	мезотроф, гелиофит	степно-луговой	сор., пищ.,
10	<i>Tanacetum vulgare</i> L. – Пижма обыкновенная	☿, д/кршн., 50-15 см, VI-IX	мезотроф, гелиофит, керомезофит	сорно-степной	лек., сор.
11	<i>Erigeron canadensis</i> – Мелколепестник канадский	☉, ☉, стержн.к., 10-100 см., VII-IX	открытые песчаных грунтах	сорно-огородно-полевой	лек., корм., эфир.
Семейство <i>Fabaceae</i> – Бобовые					
12	<i>Melilotus officinalis</i> (L.) Pall. – Донник лекарственный	☉, стержн.к., 30-100 см., V -VIII	мезотроф	сорно-луговой	Корм., мед., вит., лек
13	<i>Trifolium pratense</i> L. – Клевер луговой	☿, стерж.к., 20-60 см., V - VIII	мезофит, мегатроф	полевой	пищ., корм., пос., лек., мед.
Семейство <i>Lamiaceae</i> – Яснотковые					
14	<i>Stachys palustris</i> L. – Чистец болотный	☿, 30-150 см., VI -VIII	мигрофит, мегатроф, гидрофит	сорно-огородно-луговой	лек., мед., пищ., яд., крас.
15	<i>Lamium purpureum</i> L. – Яснотка пурпурная	☉, реже ☉, стержн.к., 10-30 см., V-X	сциофит	сорно-огородно-полевой	сор., лек., дек.

Семейство <i>Brassicaceae</i> – Капустные					
16	<i>Barbarea vulgaris</i> R. Br. – Сурепка обыкновенная	 , стржн.к., 40-60 см., IV-V	мезофит, мезотроф, гидрофит	сорно-рудеральный	сор., лек., дек., пищ., корм.
17	<i>Diplotaxis muralis</i> (L.) DC. – Двурядка стенная	 , стржн.к., 20-40 см., VII-IX	мезотроф, эуксерофит, умброфит	сорно-рудеральный	сор.,
Семейство <i>Ariaceae</i> – Сельдерейные					
18	<i>Daucus carota</i> L. – Морковь дикая	 , стржн.к., 20-100, VI-VII	нейтрофиты, гелиофит,	сорно-рудерально-полевой	эфиром., лек
19	<i>Conium maculatum</i> L. – Болиголов пятнистый	 , стржн.к., 50-200 см., V-IX	мезофит, мезотроф	сорно-рудерально-полевой	яд., лек., эфиром., дуб., сор.
Семейство <i>Papaveraceae</i> – Маковые					
20	<i>Chelidonium majus</i> L. – Чистотел большой	 , стржн.к., 30-60 см., IV-IX	эутроф, сциофит, мегатроф	садово-лесной	лек., вит., яд.
Семейство <i>Boraginaceae</i> – Бурачниковые					
21	<i>Echium vulgare</i> L. – Синяк обыкновенный	 , стржн.к., 30-70 см., VI-IX	олиготроф, мезоксерофит, гелиофит	сорно-степной	мед., пищ., сор., красильн.,
Семейство <i>Plantaginaceae</i> – Подорожниковые					
22	<i>Plantago major</i> L. – Подорожник большой	 , мочк.к., 10-50 см., VI-IX	эутроф, эумезофит, сциофит	сорно-луговой	лек., пищ..
Семейство <i>Scrophulariaceae</i> – Наричниковые					
23	<i>Linaria vulgaris</i> Mill. – Лянка обыкновенная	 , стржн.к., 30-60 см., VI-VIII	ксеромезофит, мезотроф	сорно-полевой	дек., лек., мед., яд
Семейство <i>Convolvulaceae</i> – Вьюнковые					
24	<i>Convolvulus arvensis</i> L. – Вьюнок полевой	 , стржн.к., 15-50 см., VI-VII	мезофит, мезотроф	сорно-рудерально-полевой	сор., дек., лек., яд.

Проблема улучшения состояния окружающей среды всегда актуальна в промышленно развитых регионах со сложной экологической ситуацией [6, 7]. Вариантом оптимизации окружающей среды является создание зеленых насаждений. Выбор ассортимента декоративных растений для озеленения основывается на хозяйственно-биологических особенностях растений и их декоративных качествах. На рисунках представлены экспозиции некоторых объектов эколого-ботанического анализа.



Рис.1. *Echium vulgare* L., произрастающий на отвале шахты им. А.А. Скочинского



А



Б



В



Г

Рис. 2. Растения придомовых территорий, включенные в экстерьер построек:

А – *Echium vulgare* L.; Б – *Erigeron canadensis*;  
В – *Melilotus officinalis* (L.); Г – *Plantago major* L.

В результате маршрутных исследований была получена выборка растений для первичного анализа. Составлен систематический список растений с распределением их по биологическим элементам флоры. Проведённая работа указывает на дальнейшую необходимость и целесообразность исследований устойчивых видов растений, характеризующихся неординарными эстетическими свойствами.

Тема выполнена в рамках НИР ДонНУ – «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» (ГР № 0117D000192).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакланов В.И. Применение травянистых многолетних растений для восстановления ландшафтов, нарушенных угольной промышленностью Донбасса / В. И. Бакланов, А. Е. Мазур // Охрана и рациональное использование природы Донбасса. – К.: Наука, 1976. – С. 104-107.
2. Ландшафтоведение и природный дизайн. Учебник / А.И. Сафонов. – Донецк: ДонНУ, 2018. – 470 с.
3. Горышина Т.К. Растение в городе / Т.К. Горышина. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. - 152 с.
4. Байкова Е.В. Архитектурные модели и жизненные формы представителей рода *Begonia* (*Begoniaceae*) / Е.В. Байкова, Т.Д. Фершалова // Ботан. журн. – 2007. – Т. 92, № 8. - С.1113-1127.
5. Пчеленко О.В., Сафонов А.И. Первичная оценка эстетической ценности видов природной флоры в антропогенно нарушенной среде. – Материалы Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса» (Донецк, 17-20 октября 2017 г.). – Том 2: Химико-биологические науки / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2017. – С. 109-110.
6. Глухов А.З., Хархота А.И. Растения в антропогенно трансформированной среде // Промышленная ботаника. – 2001. – С. 5-10.
7. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 1–2. – С. 8-14.

УДК 595.762.12

*Семькина О.А.*

*Научный руководитель: Савченко Е.Ю., ассистент*

### **НАЗЕМНЫЕ ЖЕСТКОКРЫЛЫЕ (COLEOPTERA: CARABIDAE, TENEBRIONIDAE) г. МАКЕЕВКИ**

*Резюме.* Были проведены исследования структуры герпетобионтных жесткокрылых Горняцкого района г. Макеевки. В ходе исследований было выявлено 25 видов жуков из 13 родов и 4 вида чернотелок из 4 родов. На исследованных стационарах зарегистрированы два класса, четыре подкласса, десять групп жизненных форм жуков.

*Ключевые слова:* видовой состав, биотопическое распределение, герпетобионтные жесткокрылые, жуки, чернотелки.

Герпетобионтные жесткокрылые являются обязательным компонентом фауны урбанизированных систем. Выявление изменений в составе сообществ почвенных насекомых позволяет оценивать состояние качества городской среды, т.е. использовать их в биоиндикационных целях. Применение герпетофауны для диагностики антропогенных воздействий связано, прежде всего, с быстротой реакции данной группы организмов на любые отклонения от нормы в окружающей среде изменением численности или сменой видового состава [1].

Целью нашей работы был сравнительный анализ численного соотношения, таксономической структуры, биотопического распределения наземных жесткокрылых как одного из наиболее многочисленных как в видовом, так и в численном отношении отрядов мезофауны г. Макеевки.

**Материал и методы исследования.** Отлов и учет имаго насекомых проводился в течение 2015–2016 гг. с помощью почвенных ловушек Барбера. Ловушки устанавливались по 10 штук через 1 метр одновременно во всех стационарах с экспозицией в 10 дней 3 раза в год. В качестве ловушек использовались пластмассовые стаканчики емкостью 0,25 л и диаметром 65 мм, заполненные на 1/3 4%-ным раствором формалина. Содержимое ловушек собиралось в отдельные банки и подвергалось камеральной обработке (промывка, просушка проб, выкладывание на матрасики, подсчет и определение).



В качестве стационаров были выбраны шесть участков в пределах Горняцкого района Макеевки: луговой участок, агроценоз, дачный участок, промышленная зона, плодовый сад и приусадебный участок.

**Результаты и обсуждение.** В качестве общепринятых показателей фауны любой территории выступают численность, видовой состав и структура доминирования, а также особенности спектров жизненных форм.

Для всех исследованных стационаров в 2015 г. характерно значительное численное и видовое преобладание отряда Coleoptera, удельная доля которого составляет от 12% на участках с луговой растительностью и дачном участке до 43% в агроценозе. Кроме жесткокрылых, многочисленным является отряд Hymenoptera (от 39% на луговом участке до 93% на дачном участке, исключительно за счет представителей семейства Formicidae) и Orthoptera, доля которых достигала 15% на луговом участке и 20% – на дачном.

На втором году исследований характерно значительное численное и видовое преобладание отряда Coleoptera, удельная доля которого составляет от 25% и 23% на участках с луговой растительностью и дачном участке до 31% в агроценозе. По-прежнему многочисленными остаются отряды Hymenoptera (от 32% на луговом участке до 52% в агроценозе) и Orthoptera, доля которых достигала от 3% в промышленной зоне и 41% – на участке с луговой растительностью.

В данной работе рассматривается только жесткокрылые как один из самых крупных в видовом отношении, экологически разнообразных и многочисленных отрядов насекомых.

Всего в результате исследований нами было зарегистрировано 15 семейств жесткокрылых. К числу доминантных относятся Tenebrionidae, Carabidae и Curculionidae. Удельная доля представителей других семейств не превышала 10%. На всех исследованных стационарах преобладает семейство чернотелки – их удельная доля колебалась от 66% на луговом участке до 93% в агроценозе. Доля жуужелиц на участке с луговой растительностью составила от 17% в летний период до 73% в осенний период. На дачном участке удельная доля карабид достигала 15,5%, в то же время в агроценозе их численность была не велика. Семейство Curculionidae наибольшей численности достигало на дачном участке (21,5%).

Комплекс жуужелиц и чернотелок – один из самых сложных компонентов наземной фауны [2, 3], данные семейства являются хорошими модельными объектами для изучения изменений в экосистемах под воздействием различных антропогенных факторов как достаточно крупные и экологически разнообразные представители отряда жесткокрылых насекомых.

Всего в Горняцком районе Макеевки было выявлено 25 видов жуужелиц из 13 родов и 4 вида чернотелок из 4 родов. Максимальное видовое разнообразие жуужелиц среди исследованных стационаров отмечено на луговом участке (15 видов) и в агроценозе (19 видов). На дачном участке было выявлено всего 7 видов карабид. Высокая численность представителей данного семейства на луговом участке обеспечивалась за счет видов рода *Calathus* Bonelli 1810, а в агроценозе за счет представителей рода *Harpalus* Latreille 1802 [4, 5].

Для сравнения между собой комплексов жуужелиц на исследуемых стационарах мы использовали индекс видового сходства Жаккара. Наибольший коэффициент видового сходства жуужелиц отмечался между промышленной зоной и приусадебным участком и промышленной зоной и дачным участком – 0,9. Наименьшее сходство имеют агроценоз и приусадебный участок – 0,1 (таблица 1).

На фоне высокого сходства видового состава для каждого из исследованных стационаров характерен свой комплекс доминантных видов.

Таблица 1

## Видовое сходство Carabidae по индексу Жаккара

	Луговой участок	Агроценоз	Дачный участок	Пром. зона	Плодовый сад	Приусад. участок
Луговой участок	15	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1
Агроценоз	11	19	0,2	0,8	0,1	0,1
Дачный участок	4	5	7	0,9	0,1	0,6
Пром. зона	1	1	0	1	0,3	0,9
Плодовый сад	2	2	1	0	4	0,5
Приусад. участок	1	0	1	0	0	1

\*Примечание: по диагонали – количество видов в биотопе; в левой нижней части таблицы – количество видов, общих для сравниваемых биотопов; в правой верхней части таблицы – значение индекса Жаккара.

В состав доминантов входят 17 видов, численность которых составляет более 5% хотя бы на одном участке. Остальные виды входили в состав рецедентов и субрецедентов и в таблице они не отображены (таблица 2).

Таблица 2

## Структура доминирования комплексов жуужелиц исследуемых участков

№	Виды	I	II	III	IV	V	VI
1	<i>Cicindella germanica</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	D	-	-	-
2	<i>Leistus ferrugineus</i> (Linnaeus, 1758)	D	-	-	-	-	E
3	<i>Notiophilus laticollis</i> (Chaudoir, 1850)	D	D	D	-	-	-
7	<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	D	-	D	-	-	D
8	<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	-	D	-	-	-	-
9	<i>Calathus halensis</i> (Schaller, 1783)	-	SD	-	-	-	-
10	<i>Zabrus tenebrioides</i> (Goeze, 1777)	D	D	-	-	-	-
11	<i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)	D	D	D	-	D	D
12	<i>Harpalus picipennis</i> (Duftschmid, 1812)	-	D	-	-	-	-
13	<i>Harpalus smaragdinus</i> (Duftschmid, 1812)	-	-	-	-	D	-
14	<i>Ophonus azureus</i> (Fabricius, 1775)	-	D	D	E	-	-
15	<i>Dinodes decipiens</i> (Dufour, 1820)	-	SD	-	-	-	-
16	<i>Licinus depressus</i> (Paykull, 1790)	-	-	-	-	D	-
17	<i>Licinus silphoides</i> (Rossi, 1790)	D	D	-	-	-	-
Всего видов		6	9	5	1	3	3

Что касается семейства тенебрионидэ, то в агроценозе были выявлены все четыре вида, в луговом участке и на дачном участке – было зарегистрировано по два вида (таблица 3). В агроценозе большая численность чернотелок достигалась за счет одного вида – *Gonocephalum rugtaeum* (89%). Доля остальных видов не превышала на данном участке 10%. На луговом участке удельная доля чернотелок составила от 44%

(*Gonocephalum pygmaeum*) до 56% (*Opatrum sabulosum*). Доля данных видов на дачном участке составила соответственно 58% и 42%.

Таблица 3

Видовой состав и стациональное распределение Tenebrionidae на исследованных стационарах г. Макеевки (2015-2016 гг.)

№	Виды	I	II	III	IV	V	VI
1	<i>Gonocephalum pygmaeum</i> (Fabricius, 1791)	+	+	+	-	-	-
2	<i>Opatrum sabulosum</i> (Linnaeus, 1761)	+	+	+	-	-	-
3	<i>Crypticus quisquilius</i> (Linnaeus, 1761)	-	+	-	-	-	-
4	<i>Blaps halophila</i> (Fischer von Waldheim, 1822)	-	+	-	-	-	-
Всего видов		2	4	2	0	0	0

\*Примечание: I – Луговой участок, II – Агроценоз, III – Дачный участок, IV- Промышленная зона, V- Плодовый сад, VI – Приусадебный участок.

**Спектры жизненных форм жуужелиц.** На исследованных стационарах зарегистрированы два класса, пять подклассов, десять групп жизненных форм жуужелиц. Практически на всех участках доминирует класс миксофитофаги, что связано с большой численностью видов-вредителей сельскохозяйственных культур.

В классе зоофагов отмечено два подкласса, наиболее многочисленным в видовом и численном отношении является подкласс стратобионтов, представленный двумя группами жизненных форм. Подкласс геобионтов не многочисленный и представлен одним видом – *Broscus cephalotes*. Что касается класса миксофитофаги, то он представлен двумя подклассами: на луговом участке и в агроценозе наиболее многочисленным подклассом является геохортобионты, а на дачном участке зарегистрирован только подкласс стратохорбионтов.

**Выводы.** Всего за период исследований отработано в сумме 2400 ловушко-суток и отловлено 3816 экземпляров насекомых из 15 семейств, относящихся к восьми отрядам, самым многочисленным из которых как в численном, так и в видовом отношении являлся отряд Coleoptera. К доминирующим семействам можно отнести два: жуужелицы (25 видов из 13 родов) и чернотелки (4 вида из 4 родов). Что касается спектров жизненных форм, то преобладающей является группа стратохортобионтов (класс миксофитофаги), к которым относится такой сельскохозяйственный вредитель как *Harpalus rufipes*.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еланцева А.А., Ельникова Разнообразие комплекса герпетобионтных жесткокрылых городских насаждений (на примере Волгограда) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2015.- Т.17, № 4. – С. 108-120.
2. Коваль А.Г. Жуужелицы (Coleoptera, Carabidae) полей овощных пасленовых культур (видовой состав, экология, биология, энтомофаги колорадского жука). Автореф. дис. ... канд. биол. наук / ГНУ ВИЗР РАСХН. – Санкт-Петербург, 2005 г. – 22 с.
3. Литвиченко Н.Э., Савченко Е.Ю. Герпетобионтные жесткокрылые (Coleoptera: Carabidae, Tenebrionidae) Амвросиевского района // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сборник докладов X Международной конференции аспирантов и студентов. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. – С. 295-297.
4. Семькина О.А., Савченко Е.Ю. Видовое разнообразие и экология наземных жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) г. Макеевки // Актуальные проблемы наук о Земле: сборник трудов II научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием / Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. – С. 455-457.
5. Семькина О.А., Савченко Е.Ю. Герпетобионтные жесткокрылые (Insecta: Coleoptera) г. Макеевки // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса: Материалы Международной научной конференции студентов и молодых ученых (Донецк, 17-20 октября 2017 г.). – Том 2: Химико- биологические науки / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2017. – С. 144-146.

## ЭКОЛОГО-ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РОКАРИЕВ И АЛЬПИНАРИЕВ ГОРОДА ДОНЕЦКА

*Резюме.* В данной работе был проведён анализ каменистых горок по разработанным рабочим схемам критериев оценивания эстетичности и экологической оптимальности. Выявлены растения, наиболее приспособленные к условиям городской среды.

*Ключевые слова:* рокарий, альпинарий, каменистая горка, Донецк.

Степень урбанизации мегаполисов возрастает с невероятной скоростью, это приводит к насыщению городской среды антропогенными факторами. Окружающая среда становится дискомфортной для существования человека, это приводит к проблемам со здоровьем, снижению качества жизни и трудоспособности. Помимо физического здоровья человека, страдает также и психологическое. Эмоциональное состояние людей, которые ограничены рамками города, крайне нестабильное. Визуальное восприятие заканчивается на созерцании плоских застроек монотонных спальных районов и серых офисных зданий [1]. Всё это становится причиной для насыщения города зелёными ландшафтами, для поиска новых подходов к необычному озеленению города. В данной статье мы познакомимся с новыми, свежими идеями оптимизации и оздоровления городских пространств – рокариями и альпинариями [2].

Рокарий – это небольшой по размеру каменистый сад, современный элемент ландшафтного дизайна. В рокарии нет ярусности, свойственной альпийской горке, хотя и допускается использование каменных пиков.

Альпинарий – искусственная или естественная возвышенность с включенными в нее камнями и растениями.

Цель нашей работы: анализ и выявление растений, наиболее приспособленных и подходящих по размеру, декоративности и другим характеристикам к данному ландшафтному решению.

В процессе проведения практической части мы руководствовались следующими методами: эколого-эстетических и фенологических наблюдений, метод квалификационной экспертизы сортов цветочно-декоративных растений на пригодность к распространению в городе Донецке.

Схема состоит из однобалльной шкалы оценки по каждому критерию и включает ландшафтный и фитоценотический уровни.

I. Ландшафтный уровень оценивания (пропорция элементов композиции соответственна с принципом "золотого сечения"; композиция визуально доступна и эффектна из всевозможных точек обозрения; плавность течения планировочных линий; участие растений различных композиционных линий; абиотический элемент каменистой горки представлен одним типом горной породы; акцент горки подчеркнут с помощью фактурного либо морфологического контраста растений; впечатление от дисгармоничности скрыто с помощью нюанса; декоративность на протяжении всего вегетационного периода; горка находится на максимально освещенном участке; экспозиции территориально завершены; наличие мульчирующих элементов; размер элементов использованной горной породы соотносен с размерами самой композиции) [3].

II. Фитоценотический уровень (растительность каменистой горки представлена термофитами, гелиофитами, ксерофитами и мезофитами; в ландшафтном элементе дизайна отсутствуют конкурентные взаимоотношения между растительными видами; большинство видов – многолетники и декоративно стабильные растения; цветовое разнообразие соответствует моно-, полигамному эталонам моделей композиции) [4,5].

**Характеристика рокария №1 по критериям эколого-эстетического анализа.**  
 Пробная площадь №1 находится по адресу ул. Артёма,74, её можно увидеть на рис. 1.  
 Площадь исследуемого объекта 14 м<sup>2</sup>.



Рис. 1. Изображение восточной экспозиции пробной площади №1, июль 2017 г.

Абиотические элементы данной композиции представлены известняком – распространённой осадочной породой, образующейся с участием живых организмов. Пропорции «золотого сечения» между объектами нарушены, туя западная в 5 раз выше можжевельника казацкого, когда гармоничной пропорцией считается соотношение 1:1,6.

Композиция смотрится эффектно из всех возможных точек обзора, но выглядит максимально полной лишь из северной и восточной сторон. Ниспадающие линии отсутствуют, вертикальные представлены туей западной и тюльпаном Геснера, горизонтальные – можжевельником казацким, крестовником цинерариевым и хостой подорожниковой, которая, не смотря на окончание цветения, будет ещё долго радовать глаз своей зеленью.

Характеризуя все произрастающие виды на пробной площади №1 по приуроченности к экологическим типам, можно сделать следующие выводы (таблица 1):

Таблица 1

Приуроченность растительных видов к экологическим группам по факторам освещенности, увлажнения и температуры

№	Вид	Экологический фактор		
		освещённость	температура	увлажнение
1	<i>Thuja occidentalis</i> L.	светолубивое	эвритоп	мезофит
2	<i>Senecio cineraria</i> DC.	светолубивое	термофит	мезофит
3	<i>Juniperus sabina</i> L.	теневыносливое	термофит	эумезофит
4	<i>Tulipa gesneriana</i> L.	светолубивое	термофит	эумезофит
5	<i>Hosta plantaginea</i> (Lam.) Asch.	теневыносливое	термофит	гигрофит

1) по отношению к температурному фактору произрастающие являются теплолюбивыми растениями;

2) по фактору освещенности большинство видов светолубивы, что идеально совпадает с местом их произрастания на солнечном незатенённом участке;

3) по требовательности к увлажнению данные виды не нуждаются в постоянном поливе, исключением является хоста, за которой потребуется отдельный уход. Растение имеет широкие листья, поэтому в жаркую солнечную погоду из него испаряется много влаги, что может стать проблемой в самый жаркий период лета.

**Характеристика альпинария №2 по критериям эколого-эстетического анализа.** Пробная площадь №2 расположена в районе р.Кальмиус по ул. Набережная, её изображение можем увидеть на рис. 2. Площадь составляет 29 м<sup>2</sup>.



Рис. 2. Визуализация восточной экспозиции экспериментального объекта №2, май 2017 г.

По форме альпийская горка представляет собой идеальный овал. Вертикальные линии созданы с помощью ириса германского. Чистец византийский в данном альпинарии выполняет двойную роль: его прикорневые и нижние стеблевые листья выполняют функцию горизонтальных линий, а побеги и соцветия всё же принадлежат к вертикальной планировке. Ниспадающие линии, представленные ясколкой серебристой, находящейся в верхней части композиции, эффектно уравнивают вертикали альпинария. Естественная природная россыпь горной породы радует глаз. Мульчирующие элементы отсутствуют, но горка выглядит ухоженной, сорных растений выявлено не было. Несмотря на минимальный ассортимент растений композиция весьма разнообразна и контрастна, а также смотрится эффектно из любой точки обозрения.

Характеризуя все произрастающие виды на пробной площади №2 по приуроченности к экологическим типам, можно сделать следующие выводы (таблица 2):

Таблица 2

Приуроченность растительных видов к экологическим группам по факторам освещенности, увлажнения и температуры

№	Вид	Экологический фактор		
		освещённость	температура	увлажнение
1	<i>Cerastium argenteum</i> M. Bieb.	светолубивое	эвритоп	мезофит
2	<i>Stachys byzantina</i> K. Koch	светолубивое	эвритоп	ксерофит
3	<i>Iris germanica</i> L	светолубивое	эвритоп	мезофит

1) по отношению к температурному фактору все растения обладают широкой экологической амплитудой, т. е. способны произрастать в самых разнообразных условиях среды;

2) по фактору освещенности все виды светолюбивы;

3) по требовательности к влаге данные виды не нуждаются в чрезмерном увлажнении, исключением является чистец византийский, являющийся ксерофитом, но данная проблема решена тем, что в 60 м находится водоём.

**Характеристика альпинария №3 по критериям эколого-эстетического анализа.** Пробная площадь №3 расположена в районе р.Кальмиус по ул. Набережная, её изображение можем увидеть на рис. 3. Площадь составляет 27 м<sup>2</sup>.



Рис. 3. Изображение восточной экспозиции пробной площади №3, июнь 2017 г.

Все произрастающие растения в данном рокарии принадлежат к вертикальным планировочным линиям. Этот недостаток восполняет лишь разная высота растений, соответствующая принципу «золотого сечения». Самое высокое растение – барбарис Тунберга сорта Атропурпуреа находится в центре композиции, его особенностью является листва, имеющая пурпурную окраску, с приходом осени она меняет свой цвет и становится ярко-красной. Большую площадь занимает лилейник, радующий горожан яркими красками в период цветения, а всё остальное время, напоминающий о себе сочной зеленью. По бокам расположилась небольшая группа ирисов германских и тюльпанов Геснера. Мульчирующие элементы не наблюдаются, это может стать проблемой через 1-2 года, когда лилейник начнёт разрастаться с невероятной скоростью.

Характеризуя все произрастающие виды на пробной площади №3 по приуроченности к экологическим типам, можно сделать следующие выводы (таблица 3):

1) по отношению к температурному фактору растения разделились на 2 группы: теплолюбивые и способные обитать в разнообразных экологических условиях;

2) по фактору освещенности почти все виды приспособлены к жизни на открытых, хорошо освещаемых солнцем местах;

3) по требовательности к влаге данные виды приспособлены к обитанию в среде с более или менее достаточным, но не избыточным увлажнением почвы.

Приуроченность растительных видов к экологическим группам по факторам освещенности, увлажнения и температуры

№	Вид	Экологический фактор		
		освещённость	температура	увлажнение
1	<i>Tulipa gesneriana</i> L.	светолюбивое	термофит	эумезофит
2	<i>Berberis thunbergii</i> DC.	теневыносливое	термофит	эумезофит
3	<i>Iris germanica</i> L.	светолюбивое	эвритоп	мезофит
4	<i>Heimerocallis hybrida</i> Hort. ex Bergmans	светолюбивое	эвритоп	мезофит

**Характеристика альпинария №4 по критериям эколого-эстетического анализа.** Пробная площадь №4 находится в скейт-парке «Сокол» возле нового донецкого планетария, её изображение можем увидеть на рис. 4. Площадь составляет 27 м<sup>2</sup>.



Рис. 4. Визуализация западной экспозиции экспериментального объекта №4, ноябрь 2017 г.

Абиотические элементы объекта исследований представлены одним типом горной породы, однородной по фактуре и цвету, размеры которой соотнесены с размерами самой композиции. Отсутствие мульчирующих материалов, как и в предыдущих случаях, приводит к заселению на территорию композиции сорных видов растений, возникновению конкурентных взаимоотношений.

Характеризуя все произрастающие виды на пробной площади №4 по приуроченности к экологическим типам, можно сделать следующие выводы (таблица 4):

- 1) по отношению к температурному фактору большинство растений привыкли жить в тёплом климате;
- 2) по фактору освещенности почти все, кроме можжевельника, светолюбивы;
- 3) по требовательности к влаге 3 растения из 5- мезофиты, тогда как чистец и астра нуждаются в воде чаще.



Приуроченность растительных видов к экологическим группам по факторам освещенности, увлажнения и температуры

№	Вид	Экологический фактор		
		освещённость	температура	увлажнение
1	<i>Tulipa gesneriana</i> L.	светолюбивое	термофит	эумезофит
2	<i>Juniperus sabina</i> L.	теньвыносливое	термофит	эумезофит
3	<i>Stachys byzantina</i> K. Koch	светолюбивое	эвритоп	ксерофит
4	<i>Thuja occidentalis</i> L.	светолюбивое	эвритоп	мезофит
5	<i>Asteramellus</i> L.	светолюбивое	термофит	ксерофит

В результате проведенной эколого-эстетической оценки декоративности альпинариев и рокариев города Донецка сделаны следующие выводы:

1) в озеленении антропогенно трансформированной, урбанизированной среды целесообразно использовать каменистые горки, функционально важные в первую очередь с эстетической точки зрения;

2) основные показатели экологических режимов для объектов исследования соответствовали диапазонам значений (температурный, световой режимы), что позволило нам факториально оценить грамотность создания фитокомпозиций в аспекте подбора ассортимента;

3) анализ видового состава каменистых горок в условиях городской среды позволяет выделить виды растений, успешно используемые в таких условиях, например, *Stachys byzantina* K. Koch, *Tulipa gesneriana* L., *Berberis thunbergii* DC., *Iris germanica* L, *Cerastium argenteum* M. Bieb., *Senecio cineraria* DC.

Тема выполнена в рамках НИР ДонНУ – «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» (ГР № 0117D000192).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сикорская Г.П., Эстетическая организация урбанизированной среды в контексте развития экологии человека // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 4. – С. 93-94;
2. Камерилова Г.С., Демидова Н.Н. Теоретические аспекты экодизайна урбанизированной среды // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3.
3. Константинова Е.А., Практика создания цветников // Проектирование и авторский дизайн - Москва: Фитон, 2017. - 272 с.
4. Брошар Д., Всё о деревьях и кустарниках: как посадить, вырастить и сделать свой сад идеальным / Даниэль Брошар [пер. с фр. И.Г. Шкурко]. – Москва: Издательство «Э», 2016. – 240 с.
5. Марковский Ю.Б., Альпинарии, горки, каменистые сады – Москва: Фитон+, 2015. – 224 с.

# Физико-технические науки

УДК 53.087

*Детюк Д.Е., Левченко А.А.*  
*Научные руководители: Болонов Н.И., д.т.н., профессор;*  
*Пометун Е.Д., ст. преподаватель*

## ОПТИМИЗАЦИЯ АППРОКСИМИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ ГРАДУИРОВОЧНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМИСТОРА

*Резюме.* В работе представлены теоретические градуировочные  $R/T$  характеристики  $NTC$  – термистора типа *Epcos G550*. Приведена методика оптимизации аппроксимирующей функции теоретической градуировочной характеристики для термистора *Epcos G550*, основанная на учете зависимости градуировочного коэффициента  $B$  от температуры. Выполнена оценка погрешностей при аппроксимации  $R/T$  характеристики с использованием постоянного градуировочного коэффициента, приведенного в технической документации к термистору, и оптимизированного коэффициента, как функции от сопротивления термистора.

*Ключевые слова:* термистор, градуировка, аппроксимация, температура.

**Введение.** Широкое использование термисторов в качестве первичных измерительных преобразователей температуры в различных областях науки, техники и в быту объясняется их большим температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), малой инерционностью и сравнительно низкой стоимостью. К числу недостатков традиционно относят: нелинейность температурной зависимости сопротивления и отсутствие взаимозаменяемости из-за большого разброса номинального сопротивления и ТКС [1].

Существуют два принципиально различных типа термисторов: с положительным ТКС ( $PTC$  - термисторы) и с отрицательным ТКС ( $NTC$ -термисторы).  $PTC$  – термисторы используются, как правило, в импульсных блоках питания, в качестве защитного элемента, а  $NTC$ -термисторы, в основном, для измерения температуры в различных областях науки и техники.

Целью данной работы является оптимизация экспоненциальной функции для аппроксимации табличной (градуировочной)  $R/T$  характеристики  $NTC$  – термистора типа *Epcos G550* с переменным показателем экспоненты, зависящим от сопротивления термистора.

**Основная часть.** Среди существующих разнообразия термисторов, хорошими метрологическими характеристиками обладают  $NTC$  - термисторы фирмы *Epcos*, покрытые защитной стеклянной оболочкой: *G550*, *G560* и т.д. Отличительной особенностью данных типов термисторов является широкий температурный диапазон использования ( $-55\div 300^\circ\text{C}$ ). В технической документации рекомендуется вычисление параметров  $R/T$  характеристики по табличным температурным коэффициентам, приведенным с дискретностью  $5^\circ\text{C}$  [1]. В случае использования во всем температурном диапазоне аналитического уравнения с постоянными коэффициентами показателя экспоненты точность аппроксимации градуировочной характеристики значительно ухудшается. В данной работе рассмотрен способ вычисления температуры термистора по приведенному в таблице электрическому сопротивлению, основанный на оптимизации аналитического представления  $R/T$  характеристики во всем температурном диапазоне.

$R/T$  характеристика может быть представлена в виде нескольких видов аналитических аппроксимирующих функций [2]. Наиболее простым и широко используемым является соотношение вида:

$$R_t = R_0 \cdot e^{\frac{B \cdot (T_0 - T)}{T_0 \cdot T}}, \quad (1)$$

где  $B$ - коэффициент,  $T$ -температура,  $R_0$ -сопротивление термистора при  $T_0$ ,  $R_t$ -сопротивление термистора при температуре  $T$ ,  $T_0$  – номинальная температура.

Электрическое сопротивление термистора по уравнению (1) описывается экспоненциальной функцией с двумя постоянными коэффициентами  $B$  и  $R_0$ , индивидуальными для каждого термистора.

График, построенный на основе табличной градуировочной характеристики для термистора Ersos G550 (8401) приведен на рис. 1.

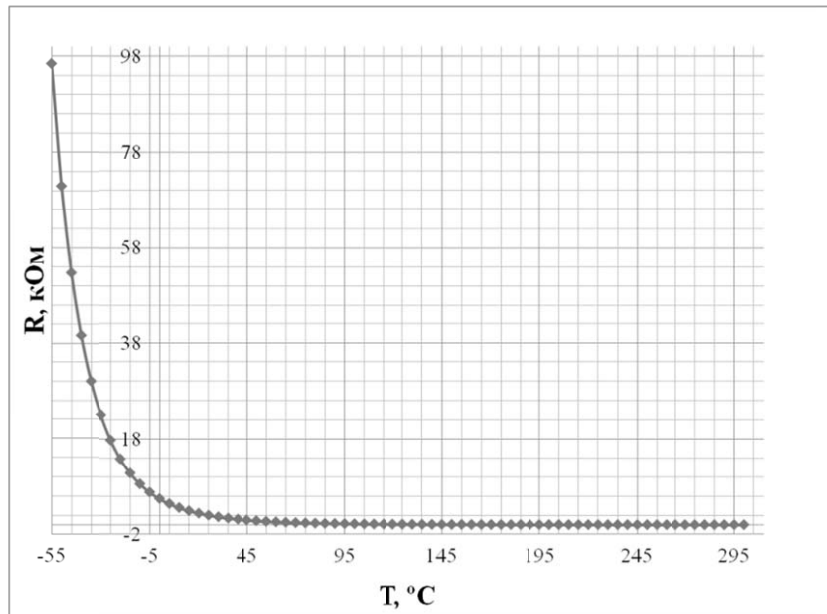


Рис. 1. Табличная градуировочная характеристика

Использование для расчета температуры по соотношению (1) с постоянным коэффициентом  $B_{0/100} = 3390$  во всем диапазоне температур (-55÷300°C) приводит к возникновению значительной погрешности. На рис. 2 представлен график зависимости абсолютной погрешности от температуры термистора.

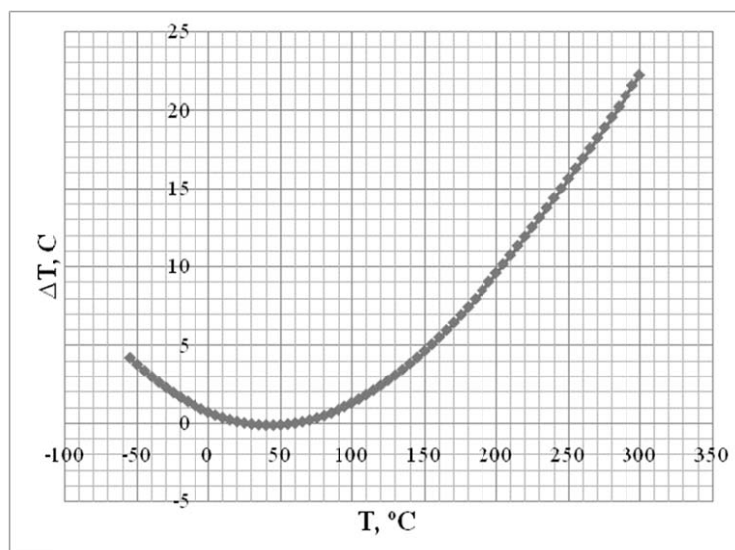


Рис. 2. Погрешность, возникающая при использовании уравнения аппроксимации (1)

Как видно графика (рис. 2) величина погрешности аппроксимации по соотношению (1) имеет минимальное значение в диапазоне, рекомендованного значения  $B$  ( $-0 \div 100^\circ\text{C}$ ) и резко увеличивает на границах рабочего диапазона термистора. Например, при температуре  $300^\circ\text{C}$  величина погрешности составляет около  $22^\circ\text{C}$ . Т.о., измерение температуры с использованием уравнения (1) с постоянными коэффициентами становится некорректным.

В данной работе рассмотрен способ уменьшения погрешности, основанный на записи коэффициента экспоненты  $B$  в виде функции, зависящей от величины электрического сопротивления термистора  $R_t$ . Вычислим значение  $B$  для каждого табличного значения температуры по соотношению:

$$B = \frac{T_0 \cdot T}{T_0 + T} \cdot \ln\left(\frac{R_t}{R_0}\right). \quad (2)$$

Используя полученные значения  $B$  построим график зависимости  $B = f(R_t)$  и определим явный вид этой функции.

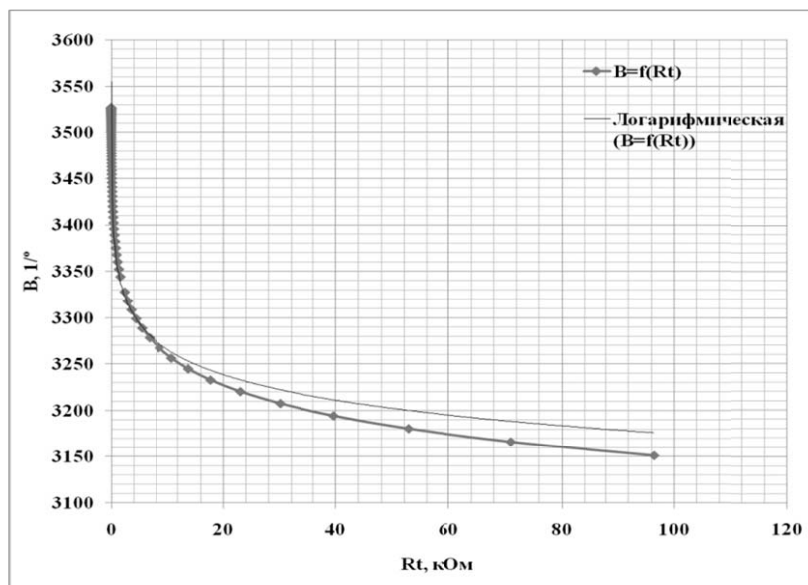


Рис. 3. Зависимость  $B = f(R_t)$

Как видно из рис.3 аппроксимация нелинейности коэффициента  $B$  одной функцией некорректна и приводит к появлению значительной погрешности. Было принято решение разделить рабочий диапазон на два участка:  $-55 \div 60^\circ\text{C}$  и  $65 \div 300^\circ\text{C}$ , или, соответственно:  $96 \div 0.6$  кОм и  $0.5 \div 0.007$  кОм. На первом участке (диапазон температур  $-55 \div 60^\circ\text{C}$ ) максимальную точность аппроксимации (среди простых функций) обеспечивает логарифмическая зависимость вида:

$$B = 3367.9 - 47.04 \cdot \ln(R_t). \quad (3)$$

Таким образом, оптимизированное уравнение (1) в диапазоне температур  $-55 \div 60^\circ\text{C}$  принимает вид:

$$R_t = R_0 \cdot e^{\left[ \frac{(3367.9 - 47.04 \cdot \ln(R_t)) \cdot (T_0 - T)}{T_0 \cdot T} \right]}. \quad (4)$$

Величина погрешности при вычислении температуры по соотношению (4) для табличных значений  $R_t$  приведена на рис. 4.

Внутри диапазона  $-40 \div 50^\circ\text{C}$  величина погрешности не превышает  $\pm 0.01^\circ\text{C}$ , и на краях диапазона – погрешность увеличивается до  $\pm 0.03^\circ\text{C}$ .

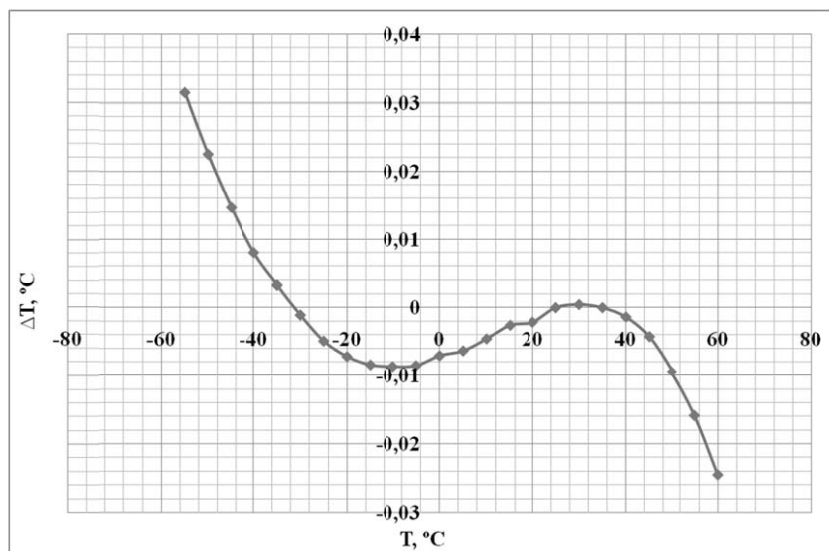


Рис. 4. Погрешность аппроксимации в диапазоне температур  $-55\div 60^\circ\text{C}$  при использовании логарифмической функции

Как показал анализ, логарифмическая зависимость вида (3) при температуре выше  $60^\circ\text{C}$  приводит к увеличению погрешности аппроксимации. В качестве аппроксимирующей функции было принято решение в диапазоне  $65\div 300^\circ\text{C}$  использовать полиномиальную регрессию со степенью не ниже 4:

$$R_t = R_0 \cdot e^{\left[ \left( \sum_{n=0}^m B_n \cdot R_t^n \right) \left( \frac{T_0 - T}{T_0 \cdot T} \right) \right]}, \quad (5)$$

где  $m$  – степень полинома.

Погрешность, при расчете температуры термистора по соотношению (5) в диапазоне  $65\div 300^\circ\text{C}$ , представлена на рис. 5.

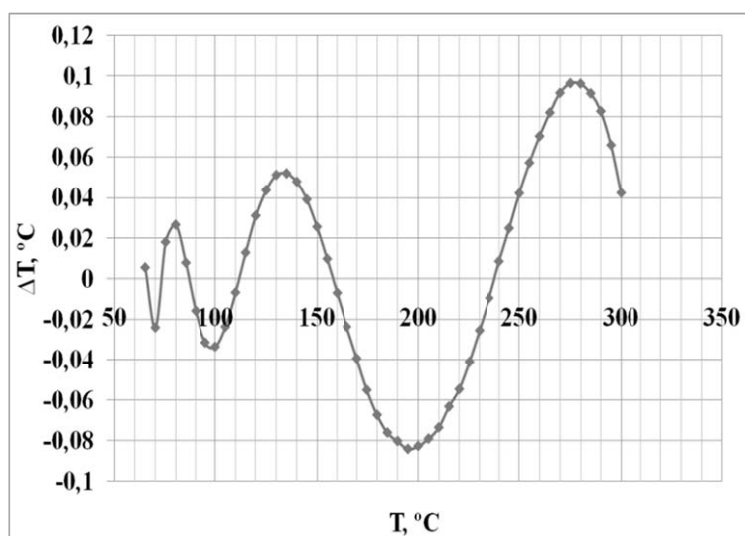


Рис. 5. Погрешность аппроксимации в диапазоне температур  $65\div 300^\circ\text{C}$  при использовании полиномиальной регрессии для  $m = 5$

При использовании полиномиальной регрессии погрешность принимает максимальное значение вблизи края диапазона ( $300^\circ\text{C}$ ) и составляет  $\pm 0,1^\circ\text{C}$ .

#### Выводы:

1. Приведена методика оптимизации аппроксимирующей функции теоретической градуировочной характеристики для термистора *Epcos G550*, основанная на учете

- зависимости градуировочного коэффициента  $B$  от электрического сопротивления термистора.
2. Выполнена оценка погрешностей при аппроксимации  $R/T$  характеристики с использованием постоянного градуировочного коэффициента, приведенного в технической документации к термистору, и оптимизированного коэффициента, как функции от сопротивления термистора.
  3. Полученные результаты могут быть использованы для измерения температуры с помощью термисторов *Epcos G550* в диапазоне  $-55\div 60^{\circ}\text{C}$  с погрешностью не более  $\pm 0.03^{\circ}\text{C}$  и в диапазоне  $65\div 300^{\circ}\text{C}$  с погрешностью не более  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Термисторы *Epcos*. Характеристики. URL: [https://en.tdk.eu/inf/50/db/ntc\\_09/Glass\\_enc\\_Sensors\\_B57550\\_G550\\_G1550.pdf](https://en.tdk.eu/inf/50/db/ntc_09/Glass_enc_Sensors_B57550_G550_G1550.pdf) (Дата обращения 21.02.2018).
2. Кузнецов Д.Н., Лебедев В.Н., Украинский Ю. Д. Исследование некоторых функций аналитического описания экспериментальных градуировочных характеристик термисторов // Материалы восьмого международного научно-практического семинара «Практика и перспективы развития партнерства в сфере высшей школы». 2007. Т.3. С.104 – 108.
3. Д.Е. Детюк. Оптимизация функции аппроксимации  $r/t$  характеристик NTC – термисторов / Д.Е. Детюк, А.А. Левченко, А.С.Костин, под научным руководством Пометун Е.Д.// Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», том 2 /Ред. кол. Беспалова С.В. и др. – Донецк: ДонНУ, 2016, 25-30с.

УДК 681.391

*Коберниченко Б.А.*  
*Научный руководитель: Бабичева М.В., ст. преподаватель*

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АНАЛОГОВОГО ИНВЕРСНОГО И ЦИФРОВОГО САМОСИНХРОНИЗИРУЮЩЕГОСЯ СКРЕМБЛИРОВАНИЯ

*Резюме.* В данной работе проведено моделирование аналогового инверсионного скремблера в среде MicroCap и цифрового самосинхронизирующегося скремблера в среде Proteus. Проведен сравнительный анализ факторов, влияющих на криптостойкость этих видов скремблирования и качество дескремблированного сигнала. Собраны лабораторные макеты аналогового и цифрового скремблеров и проведено измерение разборчивости речи при их подключении к каналам связи.

*Ключевые слова:* аналоговое инверсное скремблирование, цифровое скремблирование, самосинхронизирующиеся скремблеры, криптостойкость скремблирования.

**Введение.** Скремблирование широко применяется в инфокоммуникационных системах для защиты передаваемой информации от несанкционированного доступа. Различают аналоговое и цифровое скремблирование [1]. Аналоговые скремблеры преобразуют исходный речевой сигнал посредством изменения его амплитудных, частотных и временных параметров в различных комбинациях. Часто используется частотная инверсия сигнала (преобразование спектра с помощью гетеродина и фильтра) [2]. Цифровые скремблеры, выполняют обратимое преобразование цифрового потока для получения случайной последовательности из нулей и единиц [3]. Целью данной работы является сравнительный анализ этих двух методов скремблирования на примере моделей аналогового инверсного и цифрового самосинхронизирующегося скремблеров.

**Моделирование аналогового скремблера-дескремблера в среде MicroCap.** Модель скремблера-дескремблера в среде MicroCap представлена на рис. 1. В верхней части схемы – скремблер. Операционные усилители X1, X2, X3 и X4 расположены на одной микросхеме. На X1 реализован полосовой фильтр, частота среза которого около

3 кГц. На X2 собран ФНЧ второго порядка с частотой среза 300 Гц. В этом же каскаде происходит ввод постоянной составляющей.

На рис. 1 справа четвертый сверху – дескремблированный сигнал, снятый в точке f. И ниже - дескремблированный после режекторного фильтра, снятый в точке e.

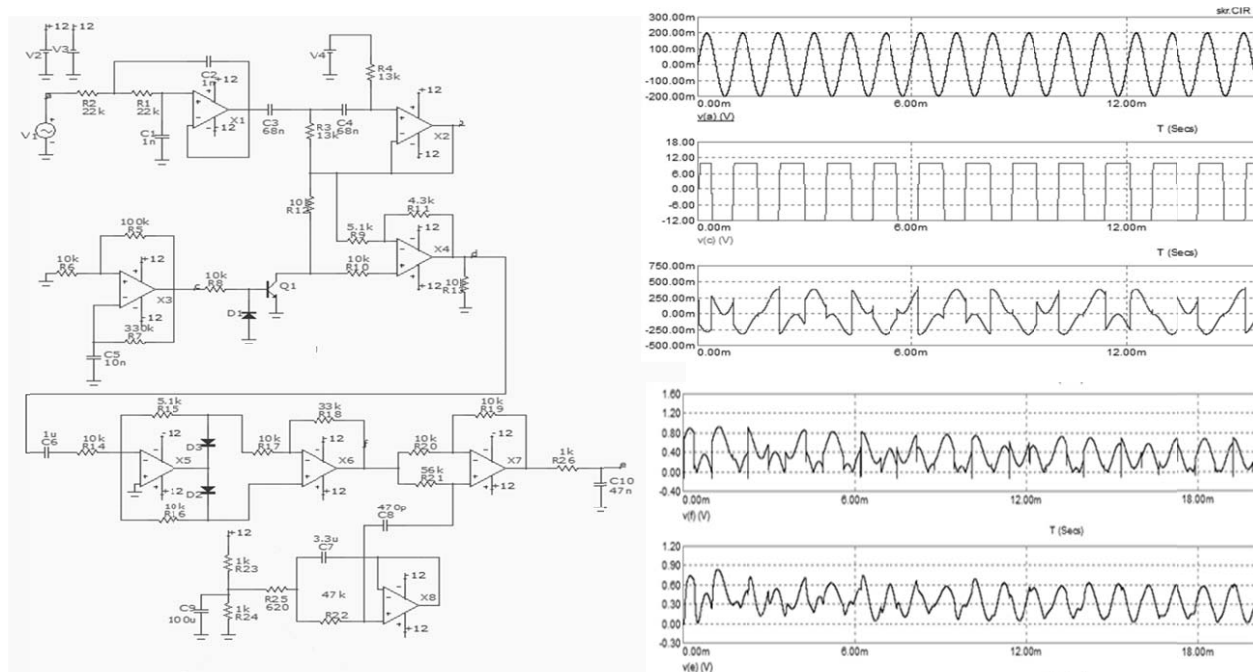


Рис. 1. Модель инверсного аналогового скремблера-дескремблера и временные диаграммы процесса скремблирования и дескремблирования сигнала

На X3 собран генератор прямоугольных импульсов, частотой около 700 Гц, при помощи транзистора Q1 генератор управляет знаком коэффициента усиления ОУ X4. Диод D1 защищает переход база-эмиттер Q1 от обратного напряжения. С выхода снимается скремблированный сигнал. X2 и X4 участвуют в инвертировании. На вход подается синусоида звуковой частоты. Пока на П-сигнале 0, синусоидальный сигнал не инвертируется, как только там 1, он начинает инвертироваться. Снятые, в результате симуляции наглядные временные характеристики представлены на рис. 1. Исходный сигнал, снятый в точке a показан вверху. П-образный сигнал с генератора, снят в точке c. Инвертированный – снят в точке d.

В нижней части схемы на рисунке 1 – дескремблер, соединенный со скремблером напрямую в модели, но реально между ними должна быть линия связи.

Сначала X5 вместе с X6 осуществляют обратную инверсию. и разделение полуволнового сигнала. В итоге получается однополярная синусоида с вертикальными полосами, поскольку в ней присутствует частота 700 кГц, которая задавала инвертирование. Ее вырезают режекторный фильтр на X8 и конденсатор C10.

Видно, что после дескремблера получается первоначальная синусоида. Есть небольшие искажения, но сигнал в целом расшифрован правильно.

Затем путем изменения номиналов компонентов схемы и характеристик входной синусоиды было проведено исследование схемы. Определен динамический диапазон скремблера, путем изменения амплитуды входной синусоиды. На рис. 3 представлены диаграммы, полученные при изменении амплитуды входной синусоиды с 0,2 до 0,8 В. В результате выяснилось, что динамический диапазон, в котором сохраняется синусоидальная форма сигнала равен  $0,25 \cdot 0,2 \text{ В} - 2 \cdot 0,2 \text{ В}$ . В реальных устройствах этот диапазон должен быть еще уже.

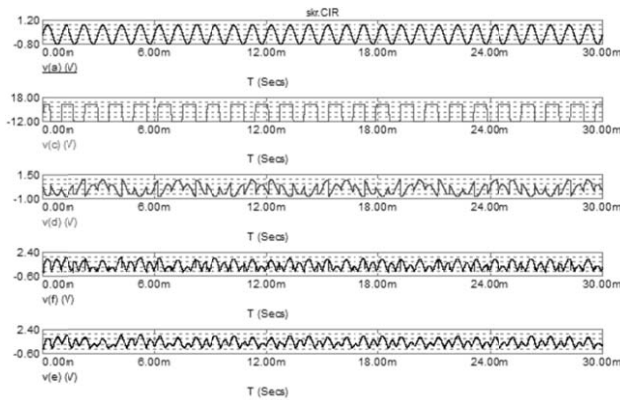


Рис. 2. Изменение процесса дескремблирования при увеличении амплитуды источника синусоидального сигнала V3 с 0,2 до 0,8 В

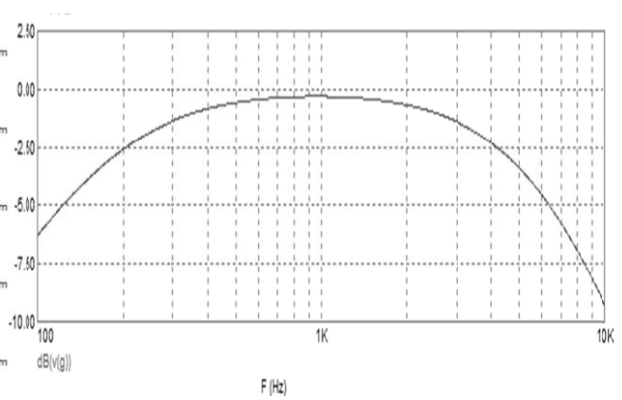


Рис. 3 АЧХ входного полосового фильтра

При изменении частоты источника звуковой частоты, который симулирует речь, качество скремблирования также изменяется, кроме того резко уменьшается коэффициент усиления для выходного дескремблированного сигнала. Инвертирование осуществляется лишь в полосе частот пропускания входного полосового фильтра. При изменении номиналов R1, R2, C1 и C2 полоса рабочих частот заметно сужается. На рисунке 4 представлена АЧХ входного полосового фильтра, который определяет частотный диапазон скремблирования. При отключении режекторного фильтра в модели или замене номиналов его частото задающих компонентов, вертикальные полосы остаются на синусоиде. Моделирование показало, что на процесс удаления частоты 700 Гц из спектра сильно влияет конденсатор C10, при изменении его номинала вертикальные линии на диаграмме дескремблированной синусоиды то появляются, то исчезают.

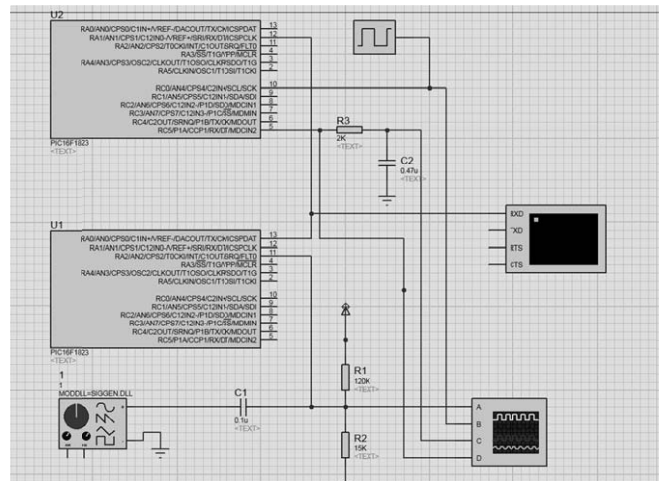


Рис. 4. Модель цифрового скремблера

Для данного вида скремблеров частота генератора прямоугольных импульсов является ключом для закрытия информации. Злоумышленник может подобрать нужную частоту, записав фрагмент разговора, а менять ее динамически сложно, поскольку тогда необходимо перенастраивать режекторный фильтр, который имеет довольно узкую полосу частот среза.

**Моделирование цифрового скремблера в среде Proteus** Скремблер и дескремблер представляют из себя два одинаковых микроконтроллера PIC 16F1823, но с разными загруженными программами. На рис. 4 представлена схема линии передачи сигнала звуковой частоты между скремблером U1 и дескремблером U2.

На вход АЦП U1 подается синусоида с генератора звуковой частоты MODDLL. Синусоида подается и на вход осциллографа. Внутри микроконтроллера сигнал складывается по модулю 2 с последовательностью псевдослучайных чисел, которая и является ключом, а затем по асинхронному интерфейсу UART передается на ножку 13 микроконтроллера дескремблера, через терминал, для того, чтобы можно было посмотреть поток данных.



На дескремблере U2 записана точно такая же таблица псевдослучайных чисел, что и на U1, здесь поступающая цифровая последовательность складывается с числами из таблицы-ключа. Таким образом происходит расшифровка данных. Для того, чтобы синхронизировать скремблер и дескремблер применяется следующая методика: Когда на выходе скремблера получается определенное число, например, 17, указатель таблицы псевдослучайной последовательности устанавливается в определенное положение, например, 20. То же самое на дескремблере, когда приходит число 17, указатель таблицы псевдослучайной последовательности устанавливается на 20, и теперь оба устройства синхронизированы и расшифровка проводится успешно.

Дескремблированная последовательность превращается в аналоговый сигнал, посредством широтно-импульсной модуляции, которая организована на модуле ССР микроконтроллера и интегрирующей цепочке R3, C2. Далее, этот сигнал идет на осциллограф.

Для более наглядного представления, и для того, чтобы не перезагружать программу каждый раз, в модели предусмотрен генератор длительных прямоугольных импульсов, который подключается к ножке 10 дескремблера. Когда на выходе этого генератора 0 – осуществляется дескремблирование, когда -1, дескремблирование выключается. Этот сигнал также выводится на осциллограф, чтобы знать осуществляется дескремблирование в данный момент или нет.

Работа модели с включенным и выключенным дескремблированием представлена на рис. 5. Здесь черная линия на осциллографе – синусоида, подаваемая на скремблер, а серая – синусоида после дескремблирования с ножки 5 дескремблера. Когда дескремблирование включено, то выходной сигнал практически не отличается от входного. Только смещен немного по фазе, но для звука это не играет большой роли. А когда дескремблирование отключено, серая кривая искажена. В таком виде звук передается по каналам связи.

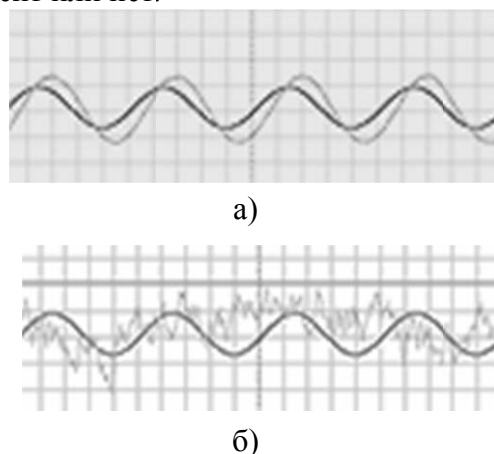


Рис. 5 Синусоида после дескремблера (а- дескремблирование включено б – дескремблирование отключено)

При подключении к модели динамика слышен только шум. Причем его спектр близок к спектру белого шума.

**Возможность закрытия и восстановления звукового сигнала** На основе предложенных моделей были изготовлены 2 скремблера-дескремблера, которые были включены в реальные системы связи, между двумя персональными компьютерами по Skype и между двумя рациями Kenwood TH-F2AT. Схема установки представлена на рис. 6. Для определения качества закрытия голосового сигнала применялся формантный расчетный метод остаточной разборчивости речи. [4-5] С генератора звуковой частоты подавались частоты из 20 полос равной формантной разборчивости.

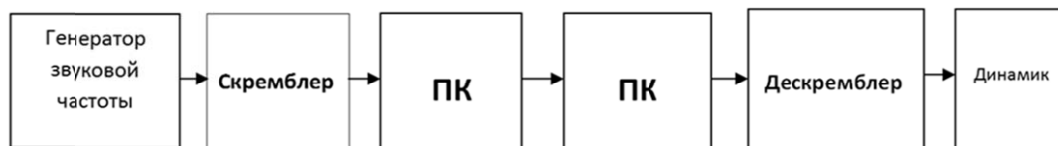


Рис. 6. Схема подключения скремблера к ПК для измерения разборчивости речи

Слышимость измерялась путем плавного ввода затухания до исчезновения слышимости звука, затем затухание убавлялось до момента появления звука. Два

значения затухания усреднялись – это и был результат измерения. По найденному уровню ощущения  $E$ , вычислялся коэффициент разборчивости

для  $0 \leq E \leq 18$  дБ;  $\omega = (E + 6)/3$  ;

для  $-12 \leq E < 0$  ;  $\omega = (E + 6)/30 + 0,006(-E/6)^A, A = 1,8007$  ;

для  $18 < E \leq 36$ ;  $\omega = (E+6)/30 - 0,06 + ((E-18)/6)^A$  ;

для  $E < -12$ ;  $\omega = 0$ ;

для  $E > 36$ ;  $\omega = 1$ .

Полученные значения суммировались и определялась формантная разборчивость, а затем по таблицам и графикам для определения слоговой и словесной разборчивости речи по формантной, определялась словесная разборчивость речи. Измерения проводились как при включенном дескремблере, так и при выключенном.

Таблица 1

Результаты измерения разборчивости речи формантным расчетным методом для цифрового и аналогового скремблеров

		Формантная разборчивость %	Слоговая разборчивость %	Словесная разборчивость %
С включенным дескремблером	аналоговый	60	80	98
	цифровой	62	85	99
С выключенным дескремблером	аналоговый	0,1	0,2	1
	цифровой	0,05	0,1	0,9

Также на скремблер подавались мужской и женский голоса, музыка. Результаты, полученные расчетным формантным методом, подтвердились на уровне ощущений. Для рации Kenwood результаты были аналогичны.

**Выводы.** Оба скремблера показали хорошее закрытие звукового сигнала (около 99 %) при передаче и хорошее восстановление после дескремблирования  $\approx 99\%$ . (предельно допустимая словесная разборчивость – 91 %, а отличная – 99%). Эти показатели для аналогового скремблера обусловлены точным расчетом схемы, а для цифрового – разрядностью АЦП и для обоих – соотношением сигнал/шум. Однако цифровое скремблирование является более криптостойким, поскольку ключом в нем является последовательность псевдослучайных чисел, которая легко меняется программно, после прошивки защищена от считывания установкой битов защиты кода и может быть сформирована для каждой пары – скремблер-дескремблер отдельно. В аналоговом скремблере ключом является частота генератора прямоугольных импульсов, менять которую от устройства к устройству сложно. Кроме того, вместе с ней нужно менять частоту среза режекторного фильтра, для чего необходимо каждый раз пересчитывать номиналы элементов схемы.

Преимуществом, разработанной модели цифрового скремблера является способ самосинхронизации при помощи общих для скремблера и дескремблера точек синхронизации.

Удовлетворительное восстановление речи при цифровом дескремблировании дают 12-ти и более высокой разрядности АЦП, а соотношение сигнал/шум в каналах передачи информации между двумя ПК и двумя рациями в лаборатории не повлияло на качество дескремблирования. Однако, в реальных условиях и на больших, чем в лабораторных экспериментах расстояниях, этот фактор может играть большую роль. В этом случае авторы предлагают увеличить количество точек синхронизации, но не нужно их делать слишком много, поскольку это снизит криптостойкость канала передачи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворякин, С. В. Маскирование речевой информации: перспективные методы и средства С. В. Дворякин, А. А. Мишуков // Спецтехника и связь. – 2009. – № 3.

2. Карпов, А. П. Разработка маскиратора аналоговых речевых сигналов // Вестник Пензенского государственного университета. - 2016. - № 1 (13). - С. 62-64.
3. Шевкопляс Б. В. Скремблирование передаваемых данных // Схемотехника. – 2004. – № 12. – С. 25-27 (часть 1), 2005, №1, с. 29 - 32 (часть 2), №2, с. 32 - 35 (часть 3), №3, с. 30 - 33 (часть 4).
4. ГОСТ Р50840-95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. – М.: ГосстандартРоссии, 1995. – 230 с.
5. Алефиренко В.М., Давыдов Г.В., Шамгин Ю.В. Расчет и измерение разборчивости речи для акустических устройств РЭС

УДК 53.088.228

*Крюкова В.И., Кириллова Л.М.  
Научные руководители: Болонов Н.И., д.т.н., профессор;  
Пометун Е.Д., ст. преподаватель*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОПАР ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ДЕЛЬТА-ФУНКЦИИ**

*Резюме.* В статье приводятся результаты измерений динамических характеристик термоэлектрических преобразователей (термопар). Предложен метод моделирования ступенчатого испытательного сигнала, основанного на создании температурно-стратифицированного объема жидкости. Экспериментально определены переходные характеристики термопары при различном перепаде температуры между стратами.

*Ключевые слова:* термопара, динамические характеристики, дельта-функция.

**Введение.** Одними из наиболее инерционных звеньев системы управления, как правило, являются преобразователи физических величин, таких как скорость, температура, давление и т.д. в электрические сигналы. Среди первичных преобразователей, одно из первых мест по количеству используемых в промышленности и научных исследований занимают измерители температуры на основе термопар. В связи с этим, отработка способов экспериментального исследования динамических характеристик термопар в динамических условиях является актуальной задачей.

Реакция системы на стандартные возмущения характеризует основные ДХ СИ. В соответствии с МИ 2090 [1], для определения ДХ необходимо подать на вход средства измерения (СИ) испытательный сигнал, выбранный в зависимости от определяемой характеристики, требуемого диапазона частот, в котором должно быть исследовано средство измерений, и требуемой точности определения динамической характеристики в указанном диапазоне. В данной работе в качестве типового возмущения выбрана модель импульсного испытательного сигнала, описываемая функцией, достаточно близкая по форме к функции Дирака (дельта-функции  $\delta(t)$ ).

Целью данной работы является исследование динамических характеристик измерительных преобразователей (термопар), при воздействии на чувствительный элемент импульсного испытательного сигнала прямым методом в области больших и малых возмущений.

**Основная часть.** Измерительные преобразователи обладают определенной инерцией, замедляющей реакцию на изменение измеряемого параметра. Наибольшим образом инерция проявляется в условиях теплообмена датчика с окружающей средой. В результате тепловой инерции искажается форма выходного сигнала термоприемника по сравнению с истинными изменениями параметров среды. Эти искажения проявляются тем больше, чем больше скорость или частота изменений и тепловая инерция ИП. При определенной инерции термоприемника могут наступить такие критические значения изменения параметров среды, при которых

термопреобразователь перестанет реагировать на переменные составляющие измеряемой температуры.

Коэффициент  $\tau$ , являющийся мерой тепловой инерции того или иного преобразователя и определяется физическими свойствами и условиями теплового контакта тела со средой. Зависимость между этими параметрами устанавливается выражением [2]:

$$\tau = m \cdot c / \beta \cdot \varphi(\beta) \cdot S, \quad (1)$$

где  $m$  – масса вещества в объеме  $\Delta V$ ,  $c$  – удельная теплоемкость;  $S$  – полная поверхность теплоприемника;  $\beta$  – коэффициент теплоотдачи,  $\varphi$  – некоторая функция коэффициента теплоотдачи и формы теплоприемника, определяемая из выражения

$$\varphi = \frac{\Theta_s(t)}{\Theta_V(t)}, \quad (2)$$

где  $\Theta_s(t)$  и  $\Theta_V(t)$  – средние поверхностные и объемные температуры.

Исходя из (1)  $\tau$  зависит от температуры ИП, через коэффициенты  $c$  и  $S$ , а так же от коэффициента теплоотдачи  $\beta$  между средой и телом, зависящий не только от физических свойств среды и ИП, но от скорости движения среды относительно ИП. Если термопреобразователь имеет пренебрежимо малые размеры, то его тепловое состояние может характеризоваться средней объемной температурой [3]. Однако реальные термопреобразователи имеют сложный характер распределения температурных полей в объеме  $\Delta V$ , вследствие чего, возникает неравномерный нагрев ИП. Т.о, величина тепловой инерции  $\tau$  зависит не только от абсолютного значения температуры, но и от характера ее изменений во времени [4].

Динамические свойства термопреобразователя описываются уравнением вида:

$$\tau \cdot \frac{d\Theta(t)}{dt} + \Theta(t) = T_c(t), \quad (3)$$

$\Theta(t)$  – средняя температура термопары при начальном условии  $\Theta = T_0$  при  $t=0$ .

С помощью выражения (3) определяется степень искажения выходного сигнала, пропорционального  $\Theta(t)$  по отношению к измеряемой температуре, так и критические значения частоты изменения температуры среды при различном характере функции  $T_c(t)$ .

Допустим, что температура среды изменяется скачкообразно и носит характер импульса с длительностью  $\delta$  (дельта-функции):

$$T_c(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } -\infty \leq t < 0; \\ A & \text{при } 0 \leq t \leq \delta; \\ 0 & \text{при } \delta < t \leq +\infty, \end{cases} \quad (4)$$

где  $A$  – амплитуда импульса.

Таким образом, решение уравнения (3) с учетом (4) можно представить в виде:

$$\Theta(t) = \begin{cases} A \cdot \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), & \text{при } 0 \leq t < \delta; \\ A \cdot \left( e^{-\frac{t-\delta}{\tau}} - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) & \text{при } \delta \leq t \leq \infty. \end{cases} \quad (5)$$

Полученные выводы справедливы для «идеальных» термопреобразователей, которые при моделировании могут быть представлены в виде одноемкостных звеньев с постоянной времени, которую можно считать неизменной и не зависящей от характера теплового режима.

Для термопреобразователей, представляющих собой сложную в тепловом отношении систему или имеющую большие геометрические размеры, импульсная переходная функция описывается выражением, содержащим сумму теоретически бесконечного числа экспоненциальных составляющих:

$$\Theta(t) = A \left[ 1 - \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cdot e^{-\frac{t-t_0}{\tau_n}} \right], \quad (6)$$

где  $B_n$  - коэффициент, зависящий от критерия Био и формы термоприемника;  $\tau_n$  - коэффициент, представляющий собой постоянную тепловой инерции, которая зависит от параметров теплоприемника.

В данной работе в качестве испытательного сигнала выбрана физическая модель дельта-функции. В теории автоматического управления дельта-функция (функция Дирака) – бесконечно короткий импульс с бесконечной амплитудой при нулевом значении аргумента функции [6]:

$$\delta(t-t_0) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \neq t_0 \\ \infty & \text{при } t = t_0 \end{cases}. \quad (7)$$

Дельта-функция является математической абстракцией - на практике такие функции не могут быть реализованы с абсолютной точностью, так как невозможно реализовать значение, равное бесконечности, в точке  $t = t_0$  на аналоговой временной шкале, т.е. определенной по времени с бесконечной точностью. Если площадь импульса равна 1, а его длительность достаточно мала, и за время его действия на входе системы, сигнал на ее выходе практически не изменяется (реакция системы на импульс во много раз больше длительности самого импульса), то входной сигнал можно считать единичным со свойствами дельта - функции.

Для исследования динамических характеристик термопреобразователей, в ГОУ ВПО ДонНУ на кафедре ФНПМиЭ им. И.Л. Повха разработан стенд, позволяющий моделировать воздействие ступенчатого и импульсного испытательных сигналов на исследуемый термопреобразователь. Блок – схема стенда представлена на рис. 1.

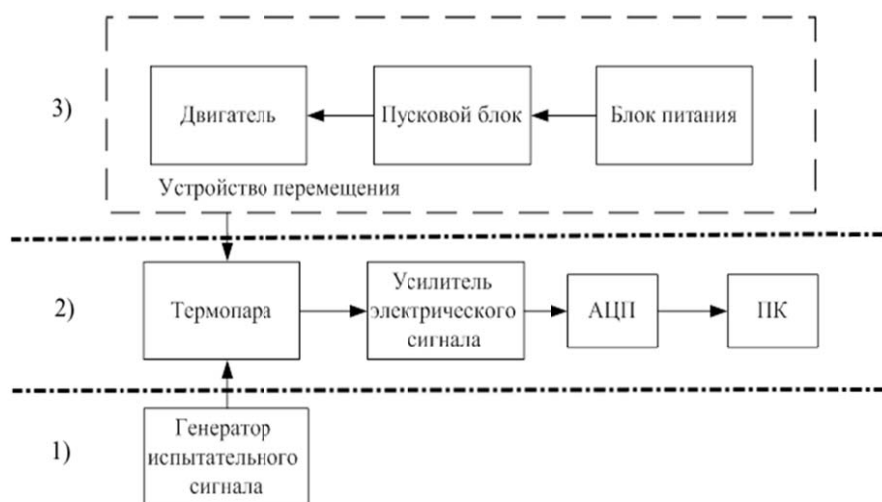


Рис. 1. Блок-схема измерительного стенда для исследования динамических характеристик термопар

Измерительный стенд состоит из 3-х основных частей: генератора испытательного сигнала (температурно-стратифицированной жидкости) (1), исследуемого термопреобразователя (2), и координатного устройства для перемещения термопары (3). Графическое изображение стенда представлено на рис. 2.

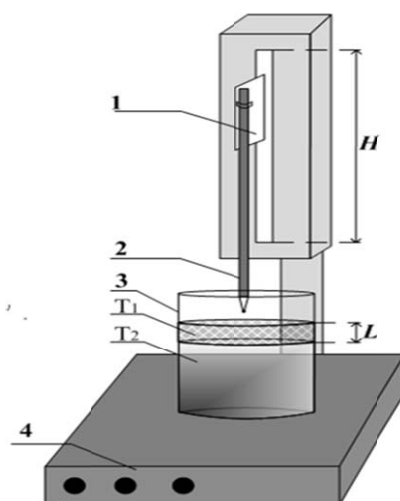


Рис. 2. Графическое изображение измерительного стенда:

1 – координатное устройство, 2 – термопара, 3 – колба, 4 – переключатели,  $T_1$ ,  $T_2$  – температурно-стратифицированная жидкость,  $H$  – высота перемещения термопары,  $L$  – ширина горячего слоя ( $T_1$ ).

Измерения выполнялись следующим образом. Колба 3 наполнялась водой комнатной температуры, а в отдельной емкости вода доводилась до температуры кипения и, с целью визуализации слоев температурно-стратифицированной жидкости в кипящую воду добавлялся анилиновый краситель. Окрашенная вода заливалась в колбу 3, таким образом, что бы холодный и горячий слои не перемешивались. Плотность воды в горячем слое была меньше, чем в холодном, в результате чего, он располагается вверху. Толщина окрашенного слоя  $L$  была равна 15 мм. С помощью координатного устройства 1 термопара 2 перемещалась из воздуха, пересекая горячий слой, останавливалась в слое, с комнатной температурой ( $23^{\circ}\text{C}$ ). Выходной сигнал термопары регистрировался с помощью АЦП фирмы National Instruments NI Usb-6001 и виртуального прибора, разработанного в программе LabVIEW SignalExpress. Время регистрации выходного сигнала задавалось по условию завершения переходного процесса. Эксперимент повторяется до тех пор, пока температура горячего слоя не приблизится к температуре холодного слоя, т.е.  $T_1 \approx T_2$  (около 10 раз).

После перемещения датчика, на экране монитора наблюдался переходной процесс при воздействии ступенчатого сигнала со свойствами дельта-функции, характеризующий динамические свойства термопары. На рис. 3 показано рабочее окно программы с результатами наблюдения.

Время воздействия теплового импульса было выбрано значительно меньше, чем предполагаемая постоянная времени термопары. Алгоритм обработки данных при определении динамических характеристик, как функций времени, обусловлен свойствами переходных процессов. Исходными данными служат испытательный и выходной сигналы исследуемого средства измерений и предварительные сведения о средстве измерения, такие как: нормы на статический коэффициент преобразования, структуру модели динамических свойств и другие данные о средстве измерения и условиях его применения. В частности, по этим данным задаются: диапазон напряжений, параметры настройки АЦП и т.д.

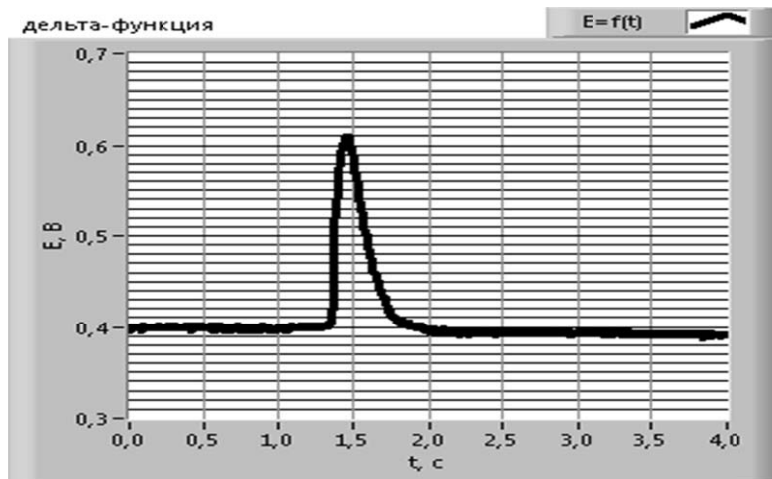


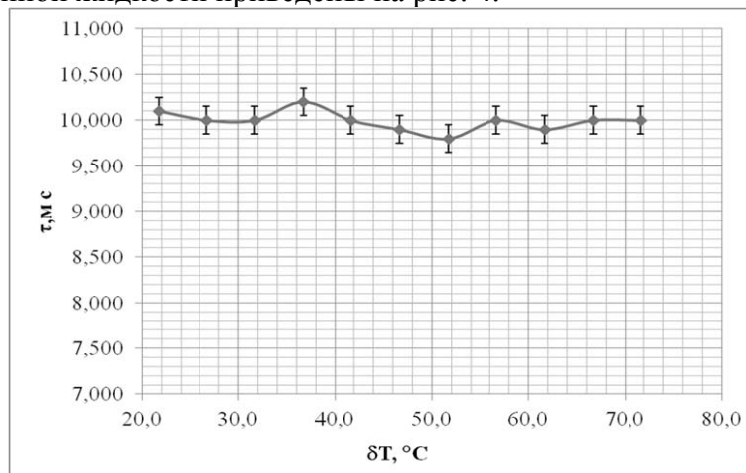
Рис. 3. Окно программы с полученными результатами наблюдения при воздействии импульсного сигнала со свойствами дельта-функции

Импульсная характеристика определяется уравнением (5) в случае описания динамических свойств термопреобразователя дифференциальным уравнением 1-го порядка, или (6) – в случае описания дифференциальным уравнением n-го порядка.

Нормированную импульсную характеристику можно представить в виде:

$$Y_g(t) = 1/\tau \cdot (e^{-t/\tau}). \quad (8)$$

На практике постоянная времени термопары определялась следующим образом. Полученные импульсные характеристики нормировались в соответствии с ГОСТ 8.009 [6]. Постоянная времени определялась из соотношения (5). Полученные постоянные времени при различных перепадах температуры между слоями температурно стратифицированной жидкости приведены на рис. 4.



Рису. 4. Зависимость постоянной времени термопары от скорости  $\tau = f(\Delta T)$

Величина постоянной времени, исследуемой термопары слабо зависит от амплитуды воздействия (разности температур между слоями жидкости), и равняется  $\tau \approx 0.01$  с. Данный эффект можно объяснить следующим образом. При прямом способе определения динамических характеристик вся поверхность данного термопреобразователя имеет температуру среды. После пересечения температурно-стратифицированного слоя, поверхность датчика начинала охлаждаться, а внутренний объем термопреобразователя – нагреваться [7]. В результате этого, учитывая малый объем ЧЭ ( $0.041\text{мм}^3$ ) и отсутствие различных защитных оболочек, вследствие время реакции практически не зависит от разности температуры.

**Выводы:**

1. Описан прямой метод исследования динамических характеристик термопреобразователей при воздействии ступенчатого испытательного сигнала со свойствами дельта-функции, путем перемещения чувствительного элемента датчика между слоями температурно-стратифицированной жидкости.
2. Полученные экспериментальные постоянные времени исследуемой термопары, слабо зависят от разности температуры между слоями жидкости (большой и малый параметры воздействия).
3. Описанный метод исследования может применяться и для определения динамических характеристик других типов термопреобразователей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МИ 2090-90. ГСИ. Определение динамических характеристик линейных аналоговых средств измерений с сосредоточенными параметрами. – Введ. 1991-08-01. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 66 с.
2. Зедгинидзе Г.П., Гогсадзе Р.Ш. Математические методы в измерительной технике. – М.: Изд-во комитетов стандартов, 1970. – 615 с.
3. ГОСТ Р 8.585-2001. Государственная система обеспечения единства измерений. Термопары. Номинальные статические характеристики преобразование. – Введ. 2001-11-21. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 82 с.
4. ГСИ. Нормирование и определение динамических характеристик аналоговых средств измерений: ГОСТ 8.256 – 77. - [Введ. 01. 07. 78.]. – М.: Изд – востандартов, 1977. – 11 с.
5. ГСИ. Динамические измерения. Термины и определения: МИ 1951 – 88. - [Введ. 01. 01.89. ]. – М.: Изд – востандартов, 1990. – 17 с.
6. ГОСТ 8.009-84. Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений. – Введ. 1986-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 27 с.
7. Пометун Е.Д. Динамические характеристики термоэлектрических преобразователей. / Пометун Е.Д., Лебедев В.Н. // Труды второго международного научно-практического семинара Повховсике научные чтения. – Донецк, 2012. – с. 301-306.

УДК 53.088

*Левченко А.А., Детюк Д.Е.*  
*Научные руководители: Болонов Н.И., д.т.н., профессор;*  
*Пометун Е.Д., ст. преподаватель.*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОМЕТРА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ СТУПЕНЧАТОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СИГНАЛА

*Резюме.* В статье приводится описание аэродинамического стенда для исследования динамических характеристик термометров сопротивления, с NTC – термистором Epcos G550 в качестве чувствительного элемента косвенным методом. Выполнены экспериментальные исследования постоянной времени термометра при воздействии модели ступенчатого испытательного сигнала.

*Ключевые слова:* переходная характеристика, NTC – термистор, ступенчатый испытательный сигнал, постоянная времени.

**Введение.** Получение достоверных результатов измерений параметров нестационарных потоков возможно с учетом, не только статических, а так же и динамических характеристик средств измерений (ДХ СИ) [1]. Как правило, в технической документации, приводятся значения ДХ СИ при каком-то фиксированном параметре, например, при скорости потока равной нулю [2, 3]. Исследования показывают, что быстроедействие датчика зависит от внешних условий и игнорирование этого явления значительно ухудшает динамические свойства измерительных систем [3,4].



Целью данной работы является определение динамических характеристик термометра сопротивления, с термистором *Epcos G550*, в качестве чувствительного элемента косвенным методом при воздействии ступенчатого испытательного сигнала. Выбор термисторов *Epcos G550* обусловлен временной стабильностью и хорошей повторяемостью градуировочных коэффициентов.

**Основная часть.** Реакция измерительных преобразователей на стандартные возмущения характеризует основные динамические характеристики систем автоматического управления. В соответствии с МИ 1951, к основным ДХ относятся: переходная характеристика  $h(t)$ , импульсная переходная характеристика, амплитудно-частотная характеристика и др. [4]. Нормирование ДХ выполняется в соответствии с ГОСТ 8.009 в случае если, функция задана в виде уравнения, графика или таблицы.

В данной работе выполнялось исследование ДХ термометра сопротивления, с термистором *Epcos G550*, в качестве чувствительного элемента, путем воздействия ступенчатого испытательного сигнала (функции Хэвисайда) косвенным методом. Этот метод реализован путем моделирования воздействия на термометр электрического сигнала специальной формы.

В Донецком национальном университете для определения переходной характеристики термопреобразователей на основе NTC – термисторов косвенным методом, был разработан и изготовлен автоматизированный малый аэродинамический стенд [6, 7]. Внешний вид стенда приведен на рис. 1.

Малый аэродинамический стенд работает следующим образом. С помощью вентилятора создается постоянный поток воздуха. Скорость потока регулируется блоком питания электродвигателя, изготовленного на основе широтно-импульсного модулятора (ШИМ).

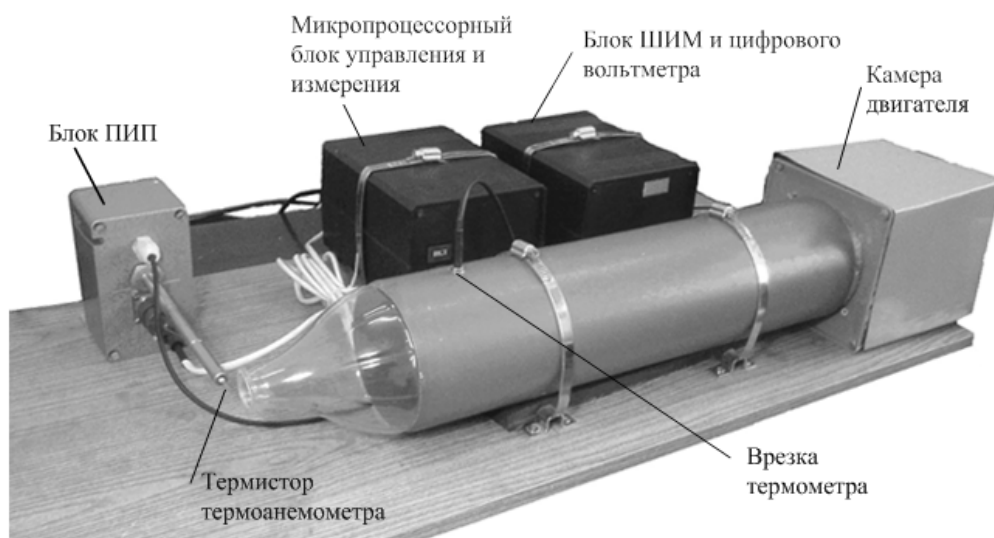


Рис. 1. Фото конструкции аэродинамического стенда

Исследуемый термопреобразователь (NTC – термистор), в исходном состоянии включается в качестве чувствительного элемента термоанемометра постоянной температуры. По команде оператора ПК, микропроцессорный блок переключает термопреобразователь из режима «анемометр» в режим «термометр», причем, длительность переключения между режимами значительно меньше, чем минимально возможная постоянная времени исследуемых терморезисторов. Т.к температура разогрева датчика термоанемометра для каждого конкретного термистора строго постоянна, то, в момент переключения, термистор всегда имеет постоянную температуру. Охлаждение термистора осуществляется в потоке воздуха, чем выше скорость воздуха, тем меньше постоянная времени.

В процессе разогрева и охлаждения термистора происходит имитация мгновенного переноса чувствительного элемента из среды с высокой температурой в среду с более низкой температурой, таким образом, происходит моделирование ступенчатого физического воздействия на датчик, с помощью электрических сигналов, датчик при этом остается неподвижным. Окно программы приведено на рис. 2.



Рис. 2. Окно программы управления режимами и регистрации измерительных данных малого аэродинамического стенда

Обработка выходного сигнала термометра выполнялась в программе LabVIEW фирмы National Instrument. Окно программы LabVIEW с примером экспериментальной нормированной переходной характеристики  $h(t)$  термистора в режиме работы термометра при скорости обтекания чувствительного элемента 3 м/с, представлено на рис. 3.

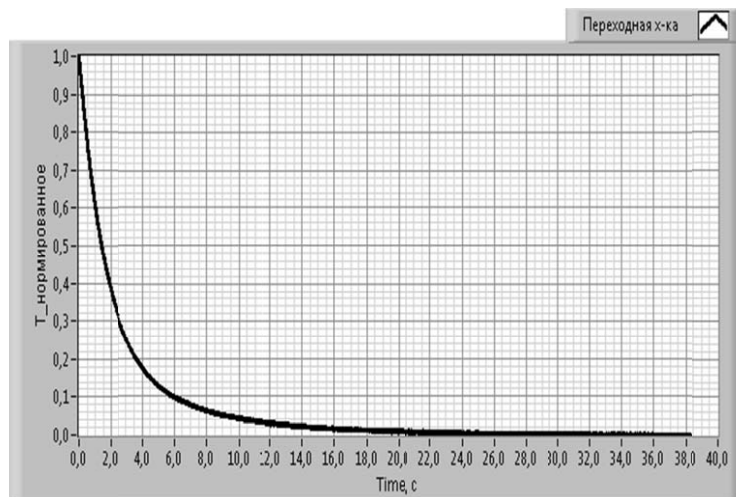


Рис. 3. Окно виртуальной лаборатории LabVIEW

Перед нормированием переходной характеристики следует рассчитать температуру термистора по соотношению:

$$T = \left( \frac{B \cdot T_0}{B + T_0 \cdot \ln\left(\frac{R_t}{T_0}\right)} \right) - 273.15, \quad (1)$$

где  $B$  – градуировочный коэффициент,  $T$  – температура,  $R_0$  – сопротивление термистора при  $T_0$ ,  $Rt$  – сопротивление термистора при текущей температуре,  $T_0$  – номинальная температура (25°C).

Далее, полученная переходная характеристика нормировалась в соответствии с ГОСТ 8.009. В общем случае, аналитическое представление переходной характеристики может быть выполнено в виде суммы нескольких экспонент (решение дифференциального уравнения  $n$ -го порядка) [6]. В простейшем случае инерционные свойства датчика описываются с помощью дифференциального уравнения первого порядка. Переходная характеристика, представляющая собой решение дифференциального уравнения 1 –го порядка для типового единичного входного сигнала, определяется следующим выражением:

$$h(t) = K \cdot \left( 1 - e^{-t/\tau} \right), \quad (2)$$

где  $\tau$  – постоянная времени системы;  $t$  – время.

Постоянная времени определялась из соотношения (2) при  $K = 1$ . Считалось, что при времени дискретизации значительно меньшем, чем искомая постоянная времени  $\tau$ , можно использовать линейную аппроксимацию  $y_1(t) = k \cdot t + c$ , на отрезке включающем  $\tau$ . Тогда постоянную времени можно определить как точку пересечения линейного уравнения нормированной функции  $y_1(t) = k \cdot t + c$  с прямой  $y_2 = 1 - e^{-1} = 0.63$ . Таким образом, постоянная времени  $\tau$  определялась как решение системы уравнений:

$$\begin{cases} y_1(t) = k \cdot t + c; \\ y_2(t) = 0.63. \end{cases} \quad (3)$$

При этом число точек, используемых для аппроксимации линейной функции, не превышало 10.

Для оценки постоянных времени термистора, в режиме работы датчика термометра, полученных косвенным способом, экспериментальные данные были предварительно обработаны с использованием методов статистического анализа. Зависимости вида  $\tau = f(V)$ , полученные при косвенном методе определения, приведены на рис. 4.

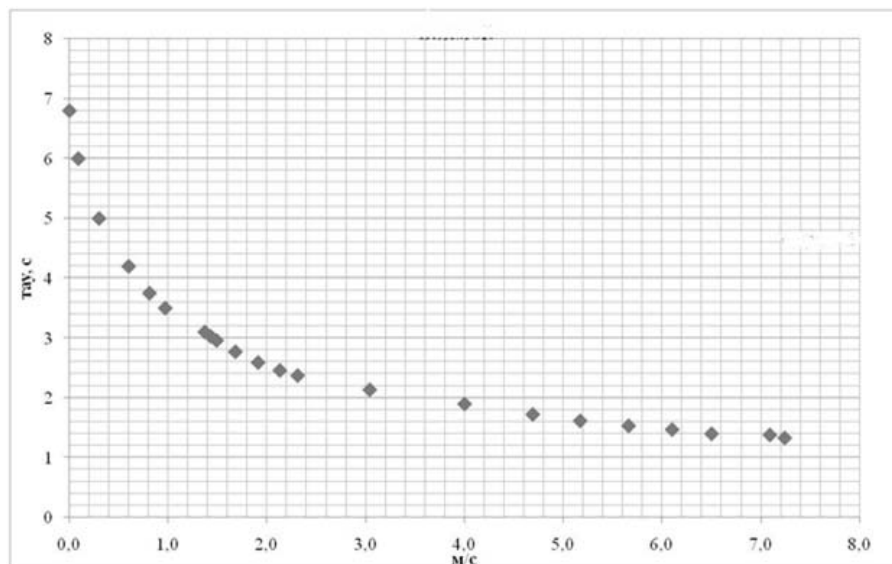


Рис. 4. Зависимости  $\tau = f(V)$  термистора  $G550$ , в режиме термометра, полученные при косвенном методе

Как видно из графика, постоянная времени  $\tau$  с увеличением скорости  $V$  уменьшается,

Для оценки корректности использования решения дифференциального уравнения 1-го порядка в качестве аппроксимирующей функции переходной характеристики термистора *Epcos G550* в режиме термометра использовалось уравнение вида (2):

$$f_1(t_i) = e^{-t_i/\tau_p}. \quad (4)$$

Если,

$$f_1(t_i) \approx f_2(t_i), \quad (5)$$

где  $f_2(t_i) = e^{-t_i/\tau_\varepsilon}$  - функция, аппроксимирующая экспериментальную характеристику  $h(t_i)$ ;  $f_1(t_i)$  - теоретическая функция.

Тогда соотношение вида (6) будет стремиться к нулю:

$$\delta_T = \frac{1}{t_N} \sum_{i=0}^N (f_2(t_i) - f_1(t_i))^2 \rightarrow 0. \quad (6)$$

где  $t_i$  – время,  $N$  – количество измерений в серии.

Подбор постоянной времени  $\tau_p$  для экспериментальной функции  $f_1(t_i)$  выполнялся путем варьирования параметра  $\tau$ , по условию (6). Таким образом, при косвенном методе исследования динамических характеристик термометра, с термистором *Epcos G550* в качестве ЧЭ, в соответствии с (6), теоретическое и экспериментальное значения постоянных времени, полученные, например, при  $V=7\text{м/с}$ , соответственно, равнялись:  $\tau_p=1.438\text{с}$  и  $\tau_\varepsilon=1.483\text{с}$ . Относительная погрешность определения постоянной времени, в данном случае, полученная по соотношению

$$\delta_\tau = \frac{\tau_\varepsilon - \tau_p}{\tau_p} * 100\%, \quad (8)$$

соответственно равнялась  $\delta_\tau = 3.12\%$ . С уменьшением скорости обтекания чувствительного элемента относительная погрешность уменьшалась и составляла, например при  $V=1\text{м/с}$ ,  $\delta_\tau = 2\%$ .

Как показали исследования [6] для точного описания переходной характеристики реального термистора необходима сумма, по крайней мере, 3-х экспоненциальных функций, что соответствует решению ДУ 3-го порядка. Кроме этого, погрешности измерения мгновенных значений температуры определяются не только конструкцией и размерами термистора, а так же теплофизическими свойствами и условиями теплообмена датчика со средой [8].

**Выводы.** Динамические характеристики термометров, использующих в качестве ЧЭ НТС – термисторы, с некоторыми ограничениями, могут быть определены косвенными методами. Полученные результаты имеют практическое применение, в частности, при разработке методик контроля состояния термопреобразователя без его демонтажа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубовой Н., Дударев Д. Техника и технология //ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. – Т. 3. – №. 4/97. – С. 47.
2. Определение динамических характеристик аналоговых СИ с сосредоточенными параметрами: МИ 2090-90[Введ. 01.01.90.]. – М. Из-во стандартов, 1990.- 34с.
3. ГСИ. Нормирование и определение динамических характеристик аналоговых средств измерений: ГОСТ 8.256 – 77. - [Введ. 01. 07. 78.]. – М.: Изд – во стандартов, 1977. – 11 с.
4. Соловьев В.А., Любинский В.Е. Проблемы управления полетами пилотируемых космических комплексов//Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия «Машиностроение». 2013. № 3. С. 39-52.

5. Земельман М.А., Тронова И.М. Методические материалы по применению ГОСТ 8.009-84 «ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
6. Ю.Д. Украинский. Аппроксимация степенной функцией теплоотдачи термистора в режиме датчика термоанемометра постоянной температуры / тез. докл. Мелекино, 2002. – 3 с.
7. Кузнецов Д.Н. . Электронная система малого аэродинамического стенда градуировки и исследований импульсных термоанемометров / Д.Н. Кузнецов, В.Н. Лебедев, А.Н. Левченко // Научные труды ДонНТУ. –Выпуск 171.-Донецк, 2010, 111 – 117 с.
8. Грановский В.А. Динамические измерения: Основы метрологического обеспечения / В.А. Грановский. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1984. – 224 с.

УДК 537.86.029

*Попов А.С., Яновский А.В.*

*Научный руководитель: Бабичева М.В., ст. преподаватель*

## **ИЗМЕНЕНИЕ СПЕКТРА СИГНАЛА ВСЛЕДСТВИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЗВУКОВОЙ ТРАКТ С МИКРОФОНОМ**

*Резюме* В данной работе изучен процесс изменения частотных характеристик сигнала ультразвуковой частоты при прохождении его через звуковой тракт с микрофоном. Проведено моделирование процесса генерации модулированного ультразвукового сигнала и искажения его на нелинейностях в среде MicroCap. На основе результатов моделирования разработана принципиальная схема и собран лабораторный макет для проведения измерений, получены спектральные и временные характеристики сигнала для нескольких микрофонов, подтверждающие выводы, сделанные в результате моделирования.

*Ключевые слова:* сигнал ультразвуковой частоты, звуковой тракт микрофона, генератор на триггере Шмидта, искажение звукового сигнала, подавление микрофонов ультразвуком.

**Введение.** На рынке устройств для закрытия информации, в последнее время появились приборы, основанные на скрытном ультразвуковом подавлении [1]. При этом цена подобных устройств высока, а исследований по физическим основам процесса подобного подавления мало. Есть мнение, что ультразвуковое излучение перегружает мембрану, и искажаясь на нелинейностях звукового тракта микрофона расширяет спектр сигнала и создает помеху [2]. Другие исследователи считают, что при прохождении модулированного ультразвука через нелинейности микрофона появляются гармоники более низкой частоты и создают шумоподобный сигнал в районе звуковых частот [3]. Целью данной работы является исследование процесса посредством моделирования в идеальной компьютерной среде, чтобы понять физические основы явления и дальнейшее его изучение на созданном лабораторном стенде, в реальной среде.

**Моделирование процесса в среде MicroCap.** На первом этапе был смоделирован генератор на двух триггерах Шмидта, для получения несущей 25 кГц и модулирующей частоты 250 Гц, который совместно с усилителем с индуктивной нагрузкой, необходимой для получения достаточного размаха амплитуды на излучателе, выдавал сглаженные прямоугольные импульсы, модулированные по частоте. [4-5].

Затем была добавлена нелинейность в виде четырех диодов, включенных попарно навстречу друг другу, форма сигнала немного изменилась и на спектре появилась вторая гармоника на частоте 50 кГц., рис. 1. Когда добавили еще один генератор, у которого номиналы частото задающих конденсаторов немного отличались от первого (С1- 330 пФ, С5 -350 пФ, С2 – 4700 пФ , С6- 4710 пФ), в области низких частот появилась разностная компонента, сосредоточенная в герцовом диапазоне, рис. 2.

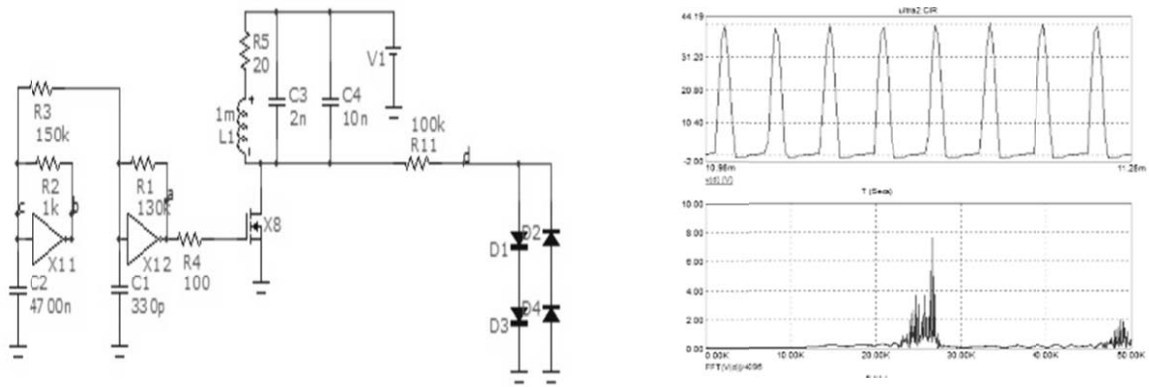


Рис. 1. Принципиальная схема, временная диаграмма и спектр сигнала на выходе канала генератора

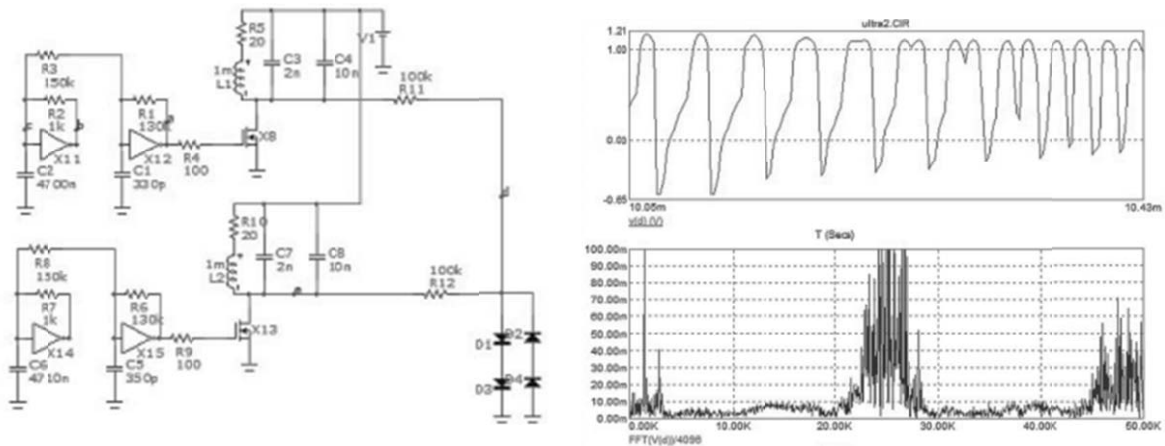


Рис. 2. Два генератора с нелинейностью на выходе, временная характеристика и спектр сигнала с двух каналов

После добавления еще одного канала, с номиналами конденсаторов C11 – 300 пФ, C12 – 4500 нФ, появилась разностная составляющая, перекрывающая почти весь звуковой диапазон и имеющая значительные амплитуды в районе 3-4 кГц, то есть в наиболее эффективной для закрытия звукового сигнала области, форма сигнала значительно исказилась, рис. 3.

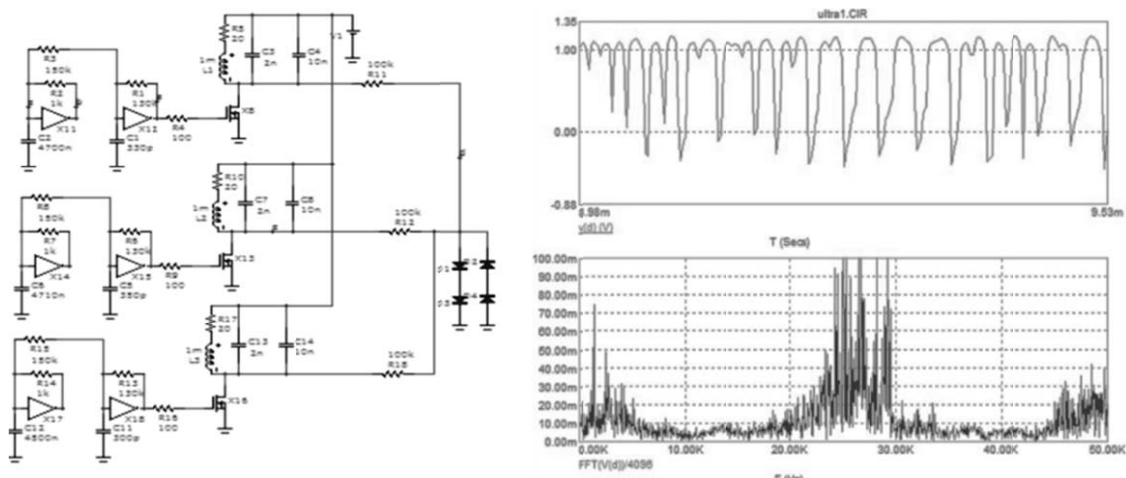


Рис. 3. Три генератора с нелинейностью на выходе, временная характеристика и спектр сигнала с трех каналов

**Создание лабораторного макета** Для проведения измерений и проверки модели, был изготовлен лабораторный макет ультразвукового излучателя, принципиальная схема которого представлена на рис. 4. На практике, для получения разностной составляющей в звуковом диапазоне было достаточно двух каналов. Все устройство было вставлено в корпус вместе с пьезоизлучателями, рис. 5.

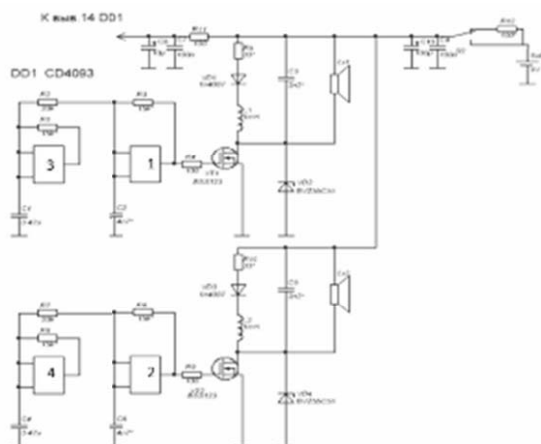


Рис. 4. Принципиальная схема ультразвукового излучателя



Рис.5. Внешний вид ультразвукового излучателя

Кроме того был собран стенд со сменными микрофонами, представляющий из себя стойку и микрофонный предварительный усилитель на 2-х транзисторах.

**Методика экспериментов** Схема установки для экспериментов представлена на рисунке 6, расстояние между источником звукового сигнала и микрофоном составляло 0,5 м.

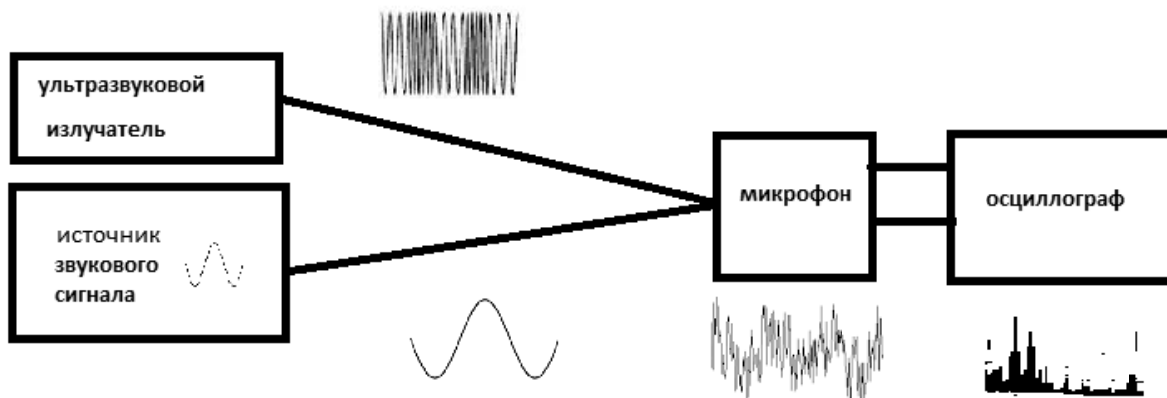


Рис. 6. Общая схема установки для снятия временных и частотных характеристик

Микрофоны различного диаметра (от 3 до 9 мм.) по очереди вставлялись в модуль усилителя, и выходной сигнал выводился на осциллограф. Сначала на микрофон подавался звуковой сигнал с источника, снимались временные зависимости и спектры при выключенном ультразвуковом излучателе. Затем одновременно со звуком подавался ультразвук, и снова снимались временные и спектральные диаграммы. Звуковые частоты, подаваемые на микрофон: 1, 2, 3, 4, 5 и 6 кГц.

**Результаты экспериментов** На рисунках 7 и 8 представлены осциллограммы для звукового сигнала 1 кГц, снятые с выхода микрофона со включенным и выключенным излучателем ультразвука. Видно, как сильно искажается сигнал, при включенном излучателе. При этом, чем меньше был диаметр микрофона, тем больше были искажения.

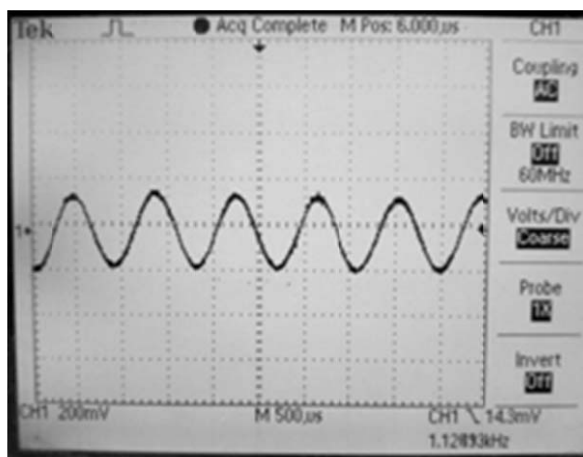


Рис. 7. Звуковой сигнал 1 кГц. Видны небольшие шумы на выходе микрофона

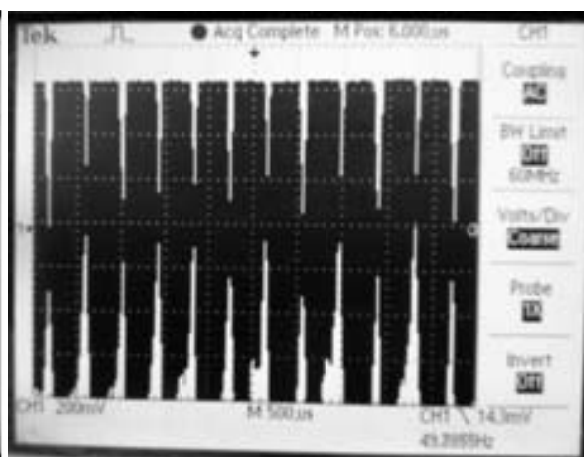


Рис. 8. Звуковой сигнал 1 кГц с ультразвуком, искажения сильные

На рис. 9–10 представлены спектрограммы для звукового сигнала 5 кГц с ультразвуком и без него. На частоте 23–25 кГц – ультразвук, и разностная составляющая в области низких частот.

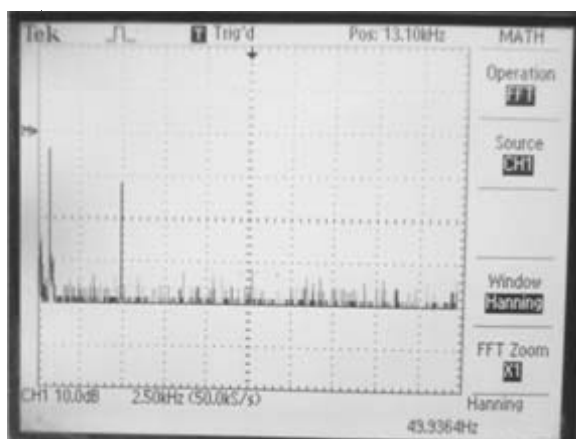


Рис. 9. Звуковой сигнал 5 кГц

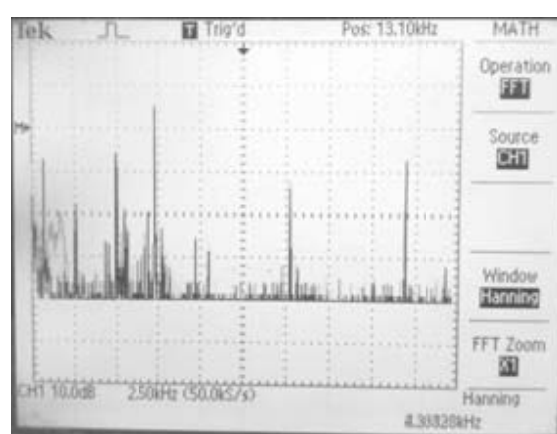


Рис. 10. Звуковой сигнал 5 кГц с ультразвуком

**Выводы.** При прохождении ультразвукового сигнала через звуковой тракт с микрофоном появляется низкочастотная разностная составляющая, в случае, если: во-первых, используется два и более канала ультразвукового излучения, во-вторых, ультразвуковой сигнал должен быть модулирован более низкой частотой ( $\approx 250$  Гц), в-третьих, разность частот каналов должна попадать в звуковой диапазон ( $\approx 1-1,4$  кГц). Этот эффект применяется для скрытного ультразвукового подавления микрофонов мобильных телефонов, смартфонов и акустических закладок [6].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Олейников А.Н. Ультразвуковые методы защиты речевой информации: ISSN 0485 - 8972 Радиотехника. Вып. 169 176 УДК 621.37. - 2012.
2. Yang, J., Tan, K.-S., Gan, W.-S., Er, M.-H., and Yan, Y.-H. Beamwidth control in parametric acoustic array. Japanese Journal of Applied Physics 44, 9R (2005), 6817.
3. Nirupam Roy, Haitham Hassanieh, Romit Roy Choudhury BackDoor: Making Microphones Hear Inaudible Sounds University of Illinois at Urbana-Champaign (2016), pp. 372–385.
4. Гершгал Д. А. и Фридман В.М., «Ультразвуковая аппаратура», Госэнергоиздат, М. — Л., 1961.
5. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл: пер. с англ. – 6-е изд. – М.: Мир, 2003. – 704 с., ил.
6. Wang, Q., Ren, K., Zhou, M., Lei, T., Koutsonikolas, D., and Su, L. Messages behind the sound: real-time hidden acoustic signal capture with smartphones. In Proceedings of the 22nd Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (2016), ACM, pp. 29–41.



## АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ НА КАФЕДРЕ РАДИОФИЗИКИ И ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Резюме.* В данной работе изучены способы и методы упрощения и автоматизации распределения и учёта учебной нагрузки преподавателей кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий на учебный год, посредством автоматизирования заполнения учебных планов и, при необходимости, их удобной корректировки. В результате разработана программа для автоматизации, с возможностью последующего использования в работе кафедры.

*Ключевые слова:* автоматизация, учебная нагрузка, макросы, VBA.

**Введение.** Современные информационные технологии предоставляют широкие возможности в организации и управлении образовательным процессом. В настоящее время автоматизация учебного процесса является неотъемлемой частью деятельности любого учебного заведения, которое хочет иметь право называться прогрессивным. Кроме того, высвобождается время, которое можно потратить на совершенствование самого учебного процесса.

**Постановка задачи.** При распределении нагрузки преподавателей кафедры происходит перенос данных из файла, который присылает учебная часть университета. Поскольку объем данных достаточно велик, а сроки выполнения задачи ограничены, актуален вопрос упрощения и автоматизации данного процесса.

Данные по учебной нагрузке приходят на кафедру в виде документов, созданных в среде Excel, поэтому необходимо было осуществить автоматизацию процесса в рамках этой среды. В качестве средства разработки был выбран встроенный язык программирования Visual Basic for Applications (VBA). Он позволяет автоматизировать выполнение повседневных повторяющихся задач или задач, которые не удастся решить с помощью интерфейса пользователя, что существенно повышает эффективность работы [1].

Руководством кафедры перед автором были поставлены следующие задачи:

- ознакомиться с процессом распределения нагрузки преподавателей кафедры и с формами документов, получаемых от учебной части университета и документами, составляемыми на кафедре;

- автоматизировать процесс распределения предметов по преподавателям;

- автоматизировать расчет часов по семестрам и за учебный год;

- протестировать реализованную систему на данных распределения нагрузки 2017-2018 учебного года;

- установить программу на персональные компьютеры методиста и заместителя заведующего кафедрой;

- обучить пользователей работать с программой и составить подробную инструкцию;

- осуществить автоматизированное распределение нагрузки на 2018-2019 учебный год, когда соответствующие данные придут из учебной части университета.

В ходе анализа задачи, были выявлены следующие проблемы, которые необходимо было решить в процессе разработки системы:

- отсутствие общей формы распределения нагрузки по предметам для очного и заочного отделений;

- отсутствие колонок “Рецензирование работы” в файле нагрузки очного отделения. Отсутствие колонок “Модульный контроль”, “Контрольная работа” и “Семестр” в файле нагрузки заочной формы обучения;

- несовпадение названий одних и тех же предметов в формах планов очного и заочного отделений, составляемых учебной частью университета;
- настроить работу системы таким образом, чтобы с ней мог работать неподготовленный пользователь;
- создаваемую программу адаптировать под работу в любой версии среды Excel.

**Реализация проекта.** Автором было предложено решение, в соответствии с которым каждый преподаватель сам выбирает себе нагрузку, нажимая соответствующие кнопки на интерфейсе [2]. Для начала работы необходимо вызвать открытое "окно" программы, после чего, выбрать из списка нужного преподавателя. Общий вид окна программы с появляющимся списком преподавателей представлен на рис. 1.

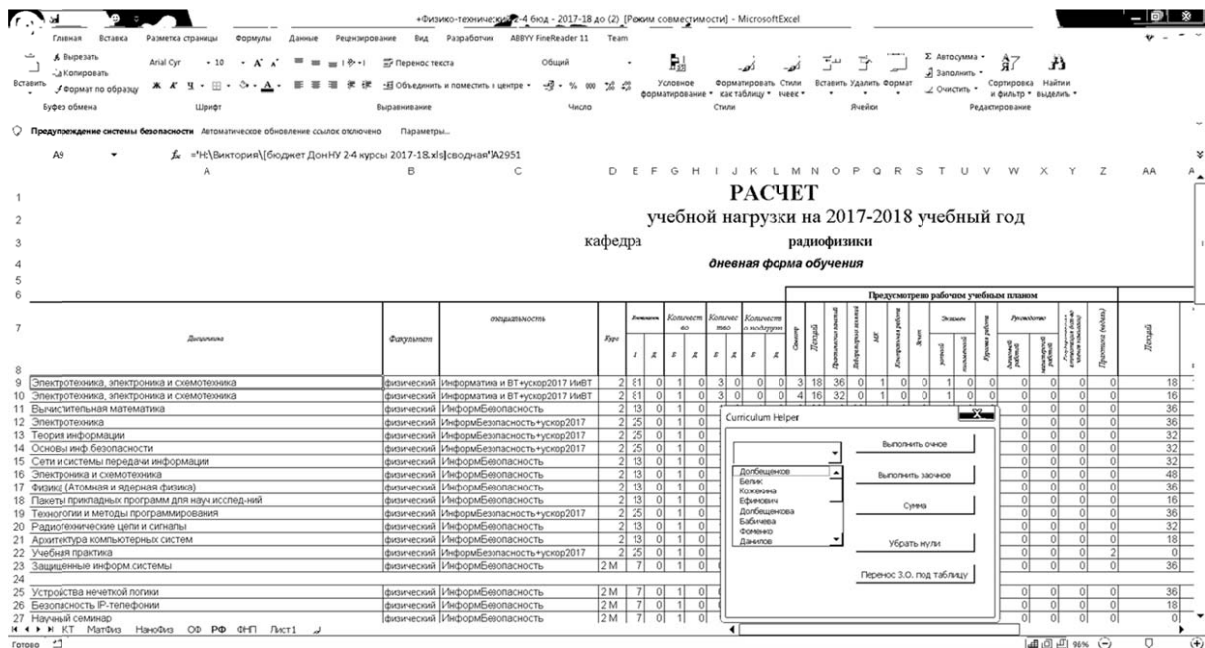


Рис. 1. Общий вид рабочего окна программы. Для распределения дисциплин по преподавателям пользователю достаточно лишь выделить нужную(-ые) дисциплину и фамилию преподавателя

Затем для этого преподавателя выбираются дисциплины при помощи выделения их на форме. Название выбранной дисциплины меняет цвет, а все данные по этой дисциплине (курс, семестр, наличие экзамена или зачета, часы на лекции, лабораторные и т.д.) автоматически переносятся на форму этого преподавателя. В программе идет проверка на четность-нечетность номера семестра, и предмет заносится в строки формы, соответствующие первому или второму семестру. Имеется возможность сворачивать часть столбцов исходной формы, для удобного обзора и печати.

При использовании аналогичного алгоритма для переноса значений выделенных дисциплин заочного отделения были выявлены значительные различия в формах присылаемых таблиц.

Процесс помещения выделенной в нагрузку заочного отделения дисциплины под соответствующий семестр усложнился отсутствием соответствующей колонки. Этот вопрос был решен посредством поиска такой же дисциплины в файле нагрузки очного отделения и последующего считывания значения семестра. На этой стадии были выявлены существенные различия в сокращениях по дисциплинам, что приводило к тому, что дисциплина, выделенная в файле нагрузки заочного отделения, не находилась в файле очного, что мешало определению семестра и последующему занесению в таблицу.

Эта проблема была решена путём связывания документа по заочному отделению с документом по очному отделению и последующим сравнением и переносом

соответствующих данных в форму преподавателя [3]. Это осуществляется нажатием на кнопку «Выполнить заочное». Окно программы, реализующее эту функцию, представлено на рис. 2.

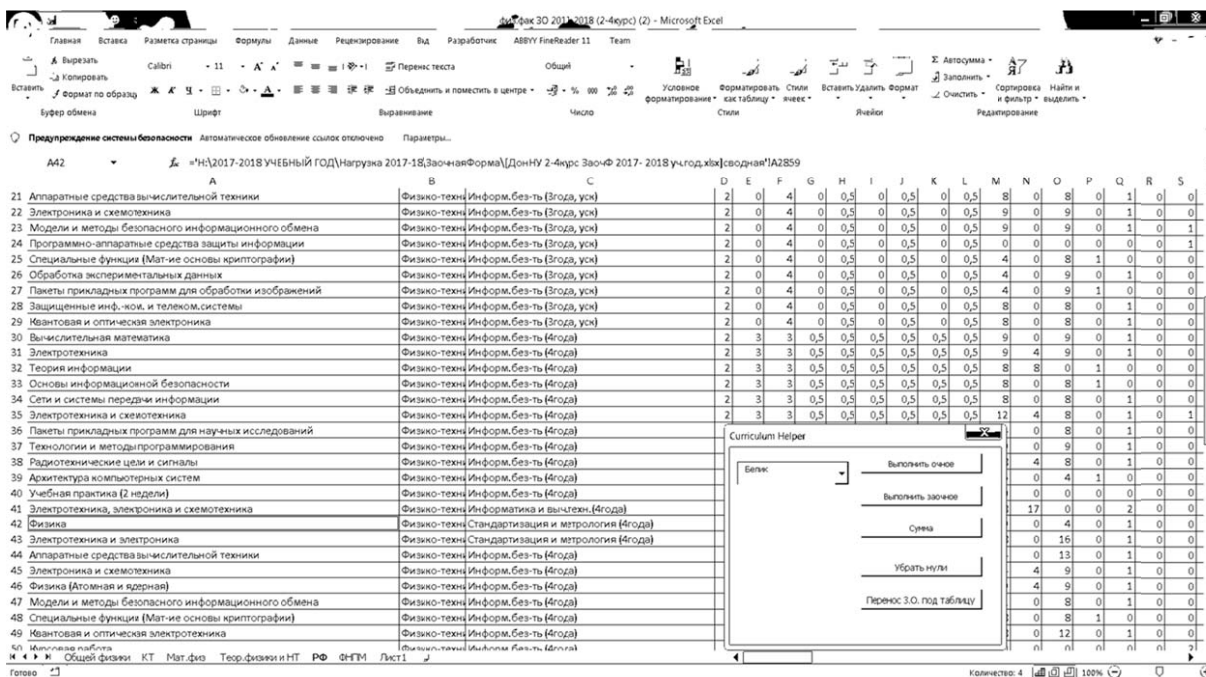


Рис. 2. Рабочее окно программы при работе с заочным отделением выглядит аналогично окну очного отделения, но перенос осуществляется нажатием на кнопку “Выполнить заочное”

Выбранные дисциплины помещаются на лист преподавателя, выбранного в окне программы, затем нажатием на кнопку “Сумма”, происходит подсчёт данных по первому, второму семестру и в целом за учебный год. Процесс переноса номера семестра, в котором читается дисциплина и подсчета суммы часов по всем видам учебной деятельности представлен на рис. 3.

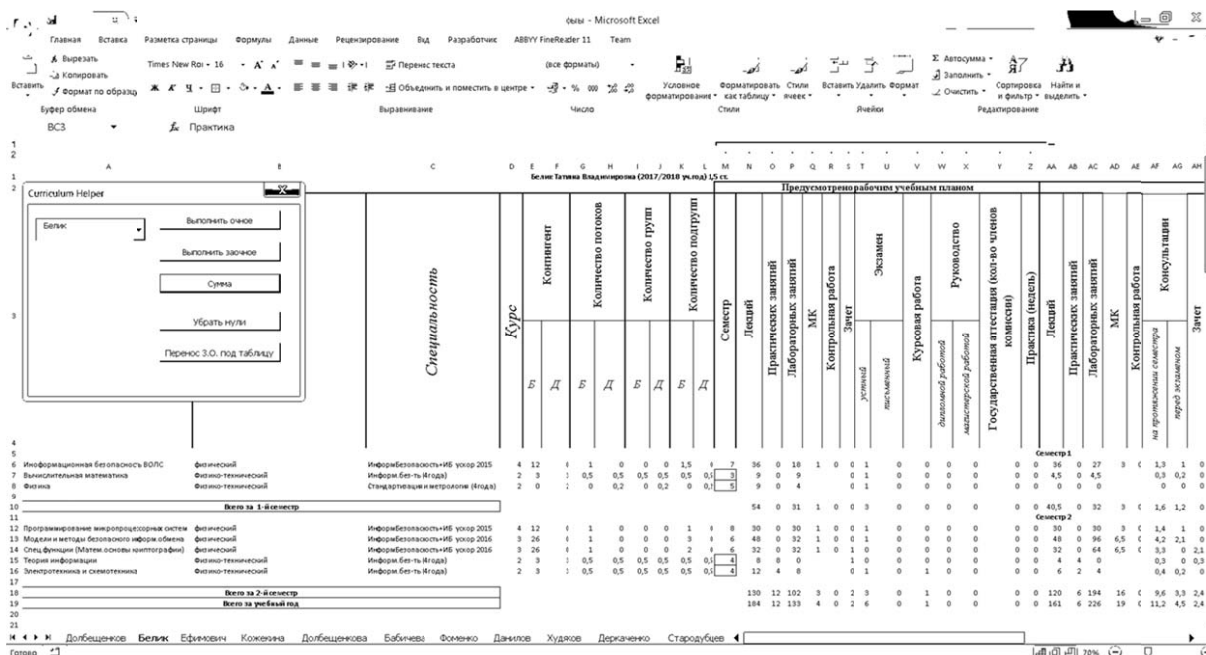


Рис. 3. Перенос на форму преподавателя предмета по номеру семестра и подсчет суммы часов по каждому виду учебной деятельности по семестрам и по учебному году

Таким образом, вся работа по выбору предметов и нагрузки из форм очного и заочного отделений по преподавателям и расчет количества часов, которая раньше занимала большое количество времени, автоматизирована. При этом легко контролировать объем часов по учебному году, добавляя или убирая дисциплины для каждого преподавателя.

Программа была установлена для тестирования на ПК заместителя заведующего кафедрой. Работоспособность проверена на данных текущего учебного года. Планируется проверить работу программы в реальных условиях, на данных для следующего учебного года.

Для упорядочивания работы по распределению нагрузки преподавателей всех подразделений университета автором была разработана общая форма распределения нагрузки преподавателей с учётом недостающих элементов и обобщенной формой сокращений в названиях предметов[4]. Общий вид этой формы представлен на рис. 4. В электронном виде ее можно получить у методиста кафедры.

Рис. 4. Общая форма распределения нагрузки преподавателей с учётом недостающих элементов и обобщенной формой сокращений

**Выводы.** Автором был проведен анализ проблем, связанных с созданием единой автоматизированной системы для распределения нагрузки преподавателей кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий, предложены пути их решения. В результате была разработана программа на языке Visual Basic for Applications для автоматизированного распределения нагрузки, которая была протестирована и показала удовлетворительную работоспособность, на данных текущего учебного года. Данная программа может быть легко адаптирована для работы на других кафедрах факультета и университета. Проблема автоматизации пересекается с необходимостью стандартизации и, при должном подходе, решить вопрос принятия разрешенных сокращений по каждому предмету не составит особого труда, что в свою очередь, позволит ускорить и упростить заполнение и последующую аналитику учебных планов университета в целом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кашаев Сергей, Офисные решения с использованием Microsoft Excel 2007 и VBA; Санкт - Петербург - М., 2009.
2. Малышев С.А. Самоучитель VBA. Как это делается в Word, Excel, Access; Санкт – Петербург, Наука и Техника: 2001.
3. А. Гарнаев Самоучитель VBA. Технология создания пользовательских приложений // ВHV Санкт - Петербург, 1999.
4. Столяров Д.Ю. Использование автоматизированных систем управления в деятельности учреждений высшего профессионального образования в Российской Федерации (аналитический обзор) / Под ред. Тихонова А.Н. - М.: ФГУ ГНИИ ИТТ "Информика", 2009.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ФЛОКОВЫХ ПОКРЫТИЙ С ВОДОРАСТВОРИМЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ В ПОЖАРОТУШЕНИИ

*Резюме.* В настоящей работе приведены результаты исследований по использованию флоковых покрытий с водорастворимыми наполнителями на основе высокомолекулярных полимеров (ПЭО, ПАА) и поверхностно-активных веществ в пожаротушении. Показано, что применение таких композиций позволяет: за счёт снижения гидравлических потерь в противопожарных трубопроводах увеличить в 1,5-2,0 раза количество подаваемой в очаг пожара огнетушащей жидкости; улучшить огнетушащие свойства воды в 1,3-6,0 раз (в зависимости от природы горящего материала), а также увеличить дальность струй, сформированных в ручных пожарных стволах, на 15-30%.

*Ключевые слова:* флоковые покрытия, водорастворимые полимерные композиции, ПЭО, ПАА, снижение гидродинамического сопротивления турбулентного течения, эффект Томса, пожаротушение.

**Состояние проблемы.** Пожары, как неконтролируемые процессы горения различных материалов, уничтожают значительные материальные ценности, создают угрозу для жизни людей, наносят значительный ущерб окружающей среде. Так, например, ежегодно в Украине происходит около 50 тысяч пожаров, в которых погибает свыше 1,5 тысяч человек, десятки тысяч получают травмы. Большая изношенность основных фондов предприятий, недостаточное внимание коммунальных служб к противопожарным мероприятиям в жилом секторе обуславливают постоянную угрозу возникновения пожаров и аварий, масштабы и последствия которых могут отрицательно повлиять на состояние национальной безопасности государства и окружающей среды. Динамика ежегодных экономических потерь от пожаров, по мнению специалистов, позволяет сделать прогноз, что они в 2018 году могут достигнуть 2,5 млрд. грн.

Для борьбы с пожарами используют самую различную технику: пожарные автомобили, поезда, суда, самолеты и вертолеты, централизованные и мобильные установки пожаротушения, а также другое различное оборудование, обеспечивающее подачу огнетушащих веществ в очаг пожара [1].

В большинстве случаев для подавления пожара используется обыкновенная вода или водные растворы специально подобранных поверхностно-активных веществ, которые улучшают смачиваемость поверхности горящего материала или образуют обильное количество пены.

**Цель работы** – создание на основе высокомолекулярных ПЭО, ПАА и их смесей с поверхностно-активными веществами водорастворимых наполнителей для флоковых покрытий предназначенных для снижения ГСТТ в напорных трубопроводах пожаротушащих жидкостей и повышения их огнетушащих свойств.

**Повышение огнетушащих свойств.** В работах [2-4], с использованием заранее приготовленных растворов смесей высокомолекулярных ПЭО и ПАА с поверхностно-активными веществами показана возможность повышения огнетушащих свойств пожаротушащих жидкостей при тушении различных горящих материалов. Показано, что в зависимости от вида горящего материала растворы таких смесей позволяют уменьшить время тушения очага пожара в 1,6 раз и уменьшить количество используемых для этих целей воды в 1,55 раз.

**Снижение гидродинамического сопротивления.** Одними из наиболее сложных проблем, возникающих при эксплуатации централизованного и мобильного противопожарного оборудования, являются большие гидравлические потери при подаче огнетушащих жидкостей по трубопроводам и рукавным линиям в очаг пожара.

Кроме этого считается целесообразным разработать и внедрить более совершенные составы пожаротушающих жидкостей, с целью улучшения их огнетушащих свойств [4].

Одним из резервов повышения эффективности работы систем водного пожаротушения может быть использование явления снижения гидродинамического сопротивления турбулентного трения (ГСТТ) при подаче жидкостей для тушения пожаров по трубопроводам (эффект Томса), а также улучшение их огнетушащих свойств за счет применения микродобавок растворимых высокомолекулярных полимеров, поверхностно-активных веществ и их смесей.

Многочисленными исследованиями установлено, что за счет введения в турбулентный поток жидкости ( $5\div 50$ ) г/м<sup>3</sup> высокомолекулярных полимеров (полиэтиленоксида – ПЭО, полиакриламида – ПАА и т.д.) с молекулярной массой ( $2,5\div 6,0$ ) $\cdot 10^6$  можно существенно (на  $50\div 80\%$ ) снизить сопротивление турбулентного трения в трубах промышленных диаметров ( $50\div 400$  мм). При этом появляется возможность повысить эффективность работы гидравлических систем по ряду показателей: снижение потребляемой перекачивающими насосами мощности, увеличение длины трубопровода, применение труб меньшего диаметра, а также увеличение расхода подаваемой жидкости [5-8].

Так, например, с точки зрения практического применения добавок полимеров в гидравлических системах пожаротушения интерес представляет увеличение расхода перекачиваемой жидкости. Согласно формуле Дарси-Вейсбаха [9] потери напора на трение  $\Delta H$  при течении жидкости по трубопроводу определяются из выражения:

$$\Delta H = \lambda l V^2 / d 2g, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидродинамического сопротивления;  $l, d$  – длина и гидравлический диаметр трубопровода соответственно;  $g$  – ускорение свободного падения;  $V$  – расходная скорость течения жидкости в трубопроводе. Исходя из этой формулы, при постоянном напоре, для относительного изменения расхода жидкости легко получить выражение:

$$V_n / V_0 = \sqrt{\lambda_0} / \sqrt{\lambda_n}. \quad (2)$$

Здесь и дальше индексы «0» и «n» - относятся к режимам перекачки чистых жидкостей и жидкостей с добавками, снижающими гидродинамическое сопротивление.

Из выражения (2) видно, что вызываемое введением гидродинамически активных добавок уменьшение коэффициента гидродинамического сопротивления (снижение потерь на трение) приводит к увеличению расхода, т.е. к возрастанию пропускной способности трубопровода.

В ряде случаев возникает необходимость снизить энергоемкость гидравлической системы. Исходя из уравнения (1) следует, что относительное снижение потребляемой мощности (при фиксированных расходе жидкости, диаметре и длине трубопровода) будет определяться выражением:

$$N_0 / N_n = \lambda_0 / \lambda_n. \quad (3)$$

Часто при реконструкции гидравлических систем возникает необходимость увеличить длину трубопроводов при сохранении их диаметра. Это может быть связано, например, с увеличением протяженности выработок в угольных шахтах, где проложены трубопроводы систем пожаротушения, а также подсоединением новых. Снижение гидродинамического сопротивления, как это следует из формулы (1) позволяет при неизменной затрачиваемой мощности, постоянном расходе жидкости по трубопроводу и таком же диаметре получить относительное увеличение длины из следующего выражения:

$$l_n / l_0 = \lambda_0 / \lambda_n. \quad (4)$$

Особого внимания заслуживает случай возможного уменьшения диаметра трубопровода при фиксированных: расходе жидкости, потребляемой мощности и длине трубопровода. Это преимущество может быть использовано при строительстве новых

трубопроводных систем или замене старых труб. Для относительного уменьшения диаметра трубопровода, исходя из формул (1) и (2), легко получить следующую зависимость:

$$d_n/d_0 = \sqrt[5]{\lambda_0} / \sqrt[5]{\lambda_n} \quad (5)$$

В табл.1 приведены варианты возможного использования явления снижения гидродинамического сопротивления трения при турбулентном режиме течения в трубах пожаротушающих жидкостей, содержащих высокомолекулярные ПЭО или ПАА.

Таблица 1

Варианты возможного использования явления снижения ГСТТ

№ п/п	Величина эффекта сниж. сопротивления, %	Увеличение длины трубопроводов, кол-во раз	Уменьшение внутреннего диаметра труб, %	Увеличение расхода жидкости, кол-во раз	Уменьшение потребляемой насосом мощности на перекачку, %
1.	10	1,11	2	1,05	10
2.	20	1,25	4	1,12	20
3.	30	1,43	7	1,20	30
4.	40	1,43	10	1,29	40
5.	50	2,0	13	1,41	50
6.	60	2,5	17	1,58	60
7.	70	3,33	21	1,82	70
8.	80	5	28	2,24	80

Из приведенных в таблице данных видно, что введение в перекачиваемую жидкость микродобавок водорастворимых высокомолекулярных полимеров с линейной структурой макромолекул, при величине эффекта снижения гидродинамического сопротивления трения на (50–80)%, позволяет: либо увеличить расход жидкости по трубопроводу в (1,41–2,24) раза, либо уменьшить затрачиваемую для перекачки жидкости насосами мощность на (50÷80)%, либо увеличить прямолинейные участки трубопроводов в (2,0-5,0) раз, либо уменьшить внутренний диаметр используемых труб на (13–28)%.

**Гидродинамически-активные полимерные композиции.** Проблеме снижения ГСТТ добавками ПЭО и ПАА в пожаротушении посвящено большое количество работ [2–4]. Однако, большинство из них основано на использовании заранее приготовленных однородных полимерных растворов. К большому сожалению, такой способ применения добавок на практике малоэффективен, т.к. связан с использованием громоздкого оборудования и занимает много времени. Кроме этого однородные растворы полимеров, в процессе хранения, теряют свойство уменьшать турбулентное трение воды.

В связи с вышеизложенным последние десятилетия характеризуются разработкой водорастворимых полимерных композиций, которые, в отличие от выпускаемых промышленностью порошков ПЭО и ПАА, отличаются повышенной скоростью растворения (с сохранением первоначальной молекулярной массы) и сохранением своих физико-химических свойств при длительном хранении.

В Донецком национальном университете (ДонНУ) в период с 1975 года по настоящее время ведутся систематические исследования по созданию жидких (равноплотные тонкодисперсные суспензии и пасты) и твердых (полимерные покрытия и брикеты) гидродинамически-активных полимерных композиций [3, 10] применение которых значительно упрощает реализацию преимуществ явления снижения ГСТТ (эффекта Томса) в промышленных масштабах.

В табл. 2 приведён перечень известных и разработанных в ДонНУ полимерных материалов, которые могут использоваться для решения проблем экологической безопасности и энергосбережения, в т.ч. и в пожаротушении [11]. В колонках 3, 4 табл. 2 приведены условные обозначения этих композиций и содержание в них гидродинамически-активного полимера, в вес. %.

Таблица 2

Водорастворимые гидродинамически-активные полимерные композиции

№ п/п	Наименование полимерного материала	Условное обозначение	Содержание полимера, вес. %
<b>Однородные растворы и полимерные гели</b>			
1	Однородные концентрированные растворы полимеров, приготовленные по классической схеме	ОКПР	0,05-1,0
2	Высококонцентрированные полимерные гели	ВКПГ	до 8,0
<b>Жидкие водорастворимые полимерные композиции (ЖВПК)</b>			
3	Равноплотные тонкодисперсные полимерные суспензии и эмульсии	РТПС РТПЭ	до 15,0
4	Тонкодисперсные полимерные пасты	ТПП	до 34,0
5	Жидкие композиции с повышенным полимеросодержанием	ЖКПП	35,0-60,0
<b>Твердые водорастворимые полимерные композиции (ТВПК).</b>			
<b>Полимерные покрытия</b>			
6	Ультраслабые полимерные покрытия, полученные нанесением лакокрасочных материалов	УПП (ЛКМ)	30,0-65,0
7	Ультраслабые полимерные покрытия на армирующих вставках, полученные нагреванием полимерных суспензий	УПП (НПС)	30,0-60,0
8	Флоковые покрытия с водорастворимыми полимерными наполнителями	ФПП (ВН)	25,0-30,0
<b>Полимерные брикеты</b>			
9	Твердые водорастворимые полимерные композиции-брикеты, приготовленные путем холодного прессования смеси тонкодисперсных полимерного порошка и наполнителя	ТВПБ	90,0-95,0

#### **Флоковые покрытия с водорастворимыми полимерными наполнителями.**

Одним из перспективных направлений в решении проблемы создания многофункциональных покрытий может быть использование флоковых покрытий с водорастворимыми полимерными наполнителями. К примеру, такими наполнителями могут быть тонкодисперсные суспензии ПЭО и ПАА с размерами полимерных частиц меньше 63 мкм., в т.ч. совместно с ПАВ, различными электролитами и т.д.

Флоковые материалы представляют собой капроновые ворсинки высотой 0,5–1,5 мм, которые наносятся электрофлокированием на покрытые клеевыми составами металлические или пластмассовые основы.

Перед использованием флоковые покрытия пропитывают полимерными наполнителями – тонкодисперсными полимерными суспензиями, которые вымываются либо набегающим потоком (при внешнем обтекании), либо (в случае использования в составе генератора приготовления растворов) потоком воды, подаваемой в генератор (проточную кассету) принудительным способом.

Флоковые покрытия имеют ряд преимуществ по сравнению с другими покрытиями, к основным из которых следует отнести: увеличение количества наносимого полимерного материала; увеличение количества вымываемого полимера за счет большой площади поверхности ворсинок, дополнительно увеличивающей общую площадь поверхности с которой смывается полимерный материал; длина, плотность нанесения и угол наклона ворсинок к поверхности позволяют регулировать скорость поступления полимера в водный поток; в качестве водорастворимых полимерных наполнителей могут быть использованы суспензии ПЭО и ПАА различного назначения [6, 7].



В зависимости от области применения, объема приготавливаемых растворов, конструкция генератора с флоковым покрытием и составы водорастворимых полимерных наполнителей могут существенно отличаться.

В процессе конструкторских и технологических проработок, было установлено, что наиболее простым в изготовлении и использовании является генератор, активный элемент которого – армирующая вставка с флоковым покрытием, представляет собой набор плоскопараллельных пластин, расположенных на расстоянии 3 мм друг от друга и скрепленных шпильками в пакет. Такой пакет размещается в корпусе генератора, к нижнему торцу которого подаётся вода, а с верхнего отводится приготовленный полимерный раствор.

Испытания работоспособности проточного генератора приготовления растворов высокомолекулярного ПЭО, в состав которого входят армирующие вставки с флоковым покрытием, и оценка его гидродинамической эффективности проводились на гидравлическом стенде принципиальная схема которого приведена на в работе [6].

На рис. 1 представлена зависимость величины эффекта снижения ГСТТ  $\Delta\lambda/\lambda, \%$  на контрольном участке трубопровода от времени активной работы генератора  $t$ , мин. с флоковым покрытием в качестве наполнителя которого использовалась тонкодисперсная равноплотная суспензия ПЭО в дисперсионной среде – смеси глицерина с водой.

Видно, что в течении первых 30 минут намываемый из флокового покрытия раствор ПЭО обладает существенным снижением ГСТТ (величина  $\Delta\lambda/\lambda$  в этом промежутке времени равна 46-55%). Начиная с 30 минуты эффективность приготавливаемого раствора постепенно уменьшается и к 60 мин, с начала проведения эксперимента, величина  $\Delta\lambda/\lambda=17,5\%$ , а на 120 мин становится равной нулю [6].

Такой способ приготовления полимерных растворов открывает широкие перспективы практического применения полимерных композиций в энергосбережении и экологии, т.к. в качестве водорастворимого наполнителя флоковых покрытий могут быть использованы полимерные суспензии самых различных составов, в т.ч. и суспензии специального назначения.

Преимущества применения флоковых покрытий в составе генераторов приготовления растворов заключается в том, что в качестве водорастворимого полимерного наполнителя в них могут быть использованы не только вновь разработанные суспензии, но и известные суспензии ПАА и ПЭО.

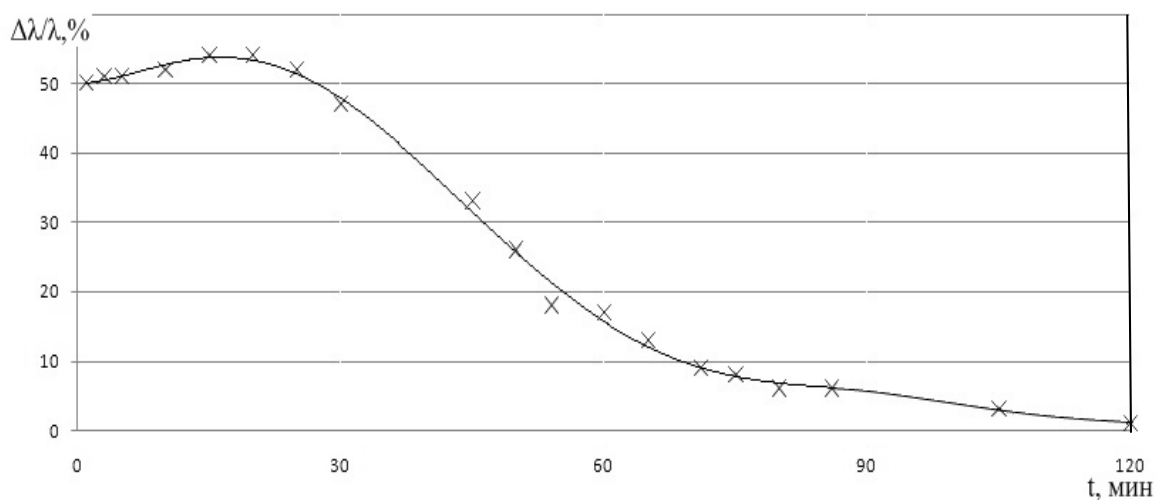


Рис. 1. Зависимость величины эффекта снижения ГСТТ  $\Delta\lambda/\lambda, \%$  от времени активной работы генератора с флоковым покрытием  $t$ , мин. Полимерный наполнитель флокового покрытия – тонкодисперсная суспензия порошка ПЭО с молекулярной массой  $4,5 \times 10^6$  в смеси глицерина с водой плотностью  $1,22 \text{ г/см}^3$ . Размер полимерных частиц  $\leq 63 \text{ мкм}$ .

В целях улучшения работы пожаротушащего оборудования и повышения огнетушащих свойств воды эффективнее использовать составы, которые содержат наряду с ПАА поверхностно-активные вещества (ПАВ) – «Кубоксалим», «Превоцел», ОП-10 и алкилсульфаты натрия и др.

Таблица 3

Возможные варианты составов гидродинамически активных водорастворимых наполнителей для флоковых покрытий на основе полиакриламида (ПАА)

№	Молекулярная масса ПАА, млн.	Состав водорастворимого наполнителя, вес %					Время хранения, сут.	$\Delta\lambda\lambda$ , % max
		ПАА	Наименование ПАВ	Концентрация ПАВ	Наименование разбавителя ПАВ	Концентрация разбавителя		
1.	10,0	30	Кубоксалим	39,2	Этанол	30,8	10	57,2
2.	10,0	30	Кубоксалим	47,6	Изопропанол	22,4	1	59,3
3.	3,0	30	ОП-10	55,0	Вода	15,0	10	27,1
4.	6,0	30	ОП-10	60,0	Вода	10,0	1	31,9
5.	6,0	30	ОП-10	60,0	Вода	10,0	10	28,6
6.	10,0	30	ОП-10	60,0	Вода	10,0	10	41,2
7.	10,0	30	Алкилсульфаты натрия (R=10-18)	55,0	Вода	15,0	1	39,1
8.	10,0	30	«Превоцел»	55,0	Вода	15,0	1	44,9
9.	6,0	30	Алкилсульфаты натрия (R=10-18)	55,0	Вода	15,0	1	21,0
10.	3,0	30	ОП-10	0	Изопропанол	70	10	24,0

*Примечание.* Образцы ПАА под порядковыми номерами 4,5 и 9 имели степень гидролиза равную 30%. R – длина углеводородного радикала молекулы алкилсульфата натрия.

**Выводы.** Применение флоковых покрытий с гидродинамически активными наполнителями на основе ПЭО и ПАА открывает широкие перспективы повышения эффективности работы централизованных систем и мобильных установок пожаротушения без привлечения дополнительных мощностей и существенного изменения их конструкции. При этом для каждого конкретного случая необходимо подобрать наиболее эффективную гидродинамически активную полимерную композицию, которая обеспечит максимальное снижение гидравлических потерь в трубопроводах и рукавных линиях, а также улучшит огнетушащие свойства пожаротушащих жидкостей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доманский В. Про стан та проблеми забезпечення пожежної безпеки в Україні // бюл.пожежн.безпеки, – № 3(5). – 2000. – С. 3-4.
2. Симоненко А.П., Белоусов В.В., Дмитренко Н.А., Недопёкин Ф.В. Повышение эффективности защиты от крупномасштабных пожаров и затоплений сточными водами путём применения гидродинамически-активных композиций // Безопасность в техносфере: сб.ст. / науч.ред. В. М. Колодкин. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, – № 10. – 2016. – С. 112-117.
3. Симоненко А.П., Ступин А.Б., Быковская Н.В. Раздел 5. Повышение эффективности работы систем пожаротушения, канализации и аварийной откачки сточных вод // В кн.: Проблемы экологии и техногенно-экологической безопасности (Монография) / ред. Ступин А.Б. Донецк: ДонНУ, – 2010. – С. 140-200.
4. Ступин А.Б., Симоненко А.П., Асланов П.В., Быковская Н.В. Гидродинамически-активные композиции в пожаротушении (Монография). Донецк: ДонГУ, – 1999. – 240 с.
5. Козлов Л.П. Гідродинамічний ефект Томса і його можливі технічні застосування // Вісн. АН УРСР, – № 1. – 1987. – С. 23-33.
6. Симоненко О.П. Перспективи застосування флокового покриття з водорозчинними полімерними наповнювачами в енергозбереженні й екології // Вісник Національного університету «Львівська політехніка», «Хімія, технологія речовин та їх застосування». – Львів: НУ:ЛП, – № 726. – 2012. – С. 252-257.

7. Симоненко А.П., Ступин А.Б., Собко А.Ю., Фоменко С.А. Применение флокового покрытия с водорастворимыми полимерными наполнителями в энергосбережении и экологии // «Вісник Донбаської нац. академії будівництва і архітектури» Зб. наук. праць, Інженерні системи та техногенна безпека. – Макіївка: ДонНАБА, – № 2 (94). – 2012. – С. 15-21.
8. Симоненко А.П. Водорастворимые брикеты на основе высокомолекулярного полиэтиленоксида и перспективы их практического применения в энергосбережении и экологии // Збірник наукових праць СНУЯЕ та П., Екологічна безпека. – Севастополь, – № 3 (43). – 2012. – С. 100-108.
9. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, – 1978. – 736 с.
10. Ступин А.Б., Симоненко А.П., Асланов П.В. Гидродинамически-активные композиции в энергосбережении и экологии. Донецк: ДонГУ, – 2001. – 173 с.
11. Симоненко А.П. Перспективы практического применения эффекта Томса в гидравлических системах при чрезвычайных ситуациях // Збірник науков. праць СНУЯЕ та П. Екологічна безпека. – Севастополь: СНУЯЕ та П., – № 4 (44). – 2012. – С. 234-241.

УДК 535.543.1

*Шаргородская О.А.*  
*Научный руководитель: Безус А.В., к. ф.- м. н., доцент*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

*Резюме:* В работе изучены оптические свойства одноосных и двуосных кристаллов поляризационным методом при скрещенных и параллельных ориентациях николей. Установлено, что исландский шпат ( $CaCO_3$ ) и ниобат лития ( $LiNbO_3$ ) одноосные кристаллы, гипс ( $CaSO_4 \cdot 2(H_2O)$ ) двуосный кристалл. Также установлено, что двойное лучепреломление у  $CaCO_3$  имеет ярковыраженный характер относительно  $LiNbO_3$ ; рассчитан оптимальный угол расхождения для  $o$ - и  $e$ -лучей в  $CaCO_3$  и  $LiNbO_3$

*Ключевые слова:* поляризационный микроскоп, одноосные кристаллы, двуосные кристаллы, двойное лучепреломление.

Для определения оптических параметров кристаллов как одноосных, так и двуосных на ряду с коноскопическим применяется поляризационный метод, являющийся наиболее простым и удобным методом в исследовании оптически прозрачных кристаллов [1,2]. Так как кристаллы имеют широкое применение в науке и технике, их многообразие свойств определяет область использования, диапазоны работы, чувствительности различных устройств микроэлектроники и оптических приборов Кристаллы  $CaCO_3$  благодаря их оптическим характеристикам, используют в оптоэлектронных системах. Еще их применяют в качестве поляризаторов, так как монокристаллы исландского шпата имеют способность направлять световые лучи. Кристаллы  $LiNbO_3$  обладают высокой лучевой стойкостью, хорошими нелинейными, электрооптическими, пьезоэлектрическими, пироэлектрическими, фотовольтаическими и фоторефрактивными свойствами, что позволяет его применять в устройствах голографической записи информации, модуляции, дефлекции, преобразования и генерации оптического излучения.

В работе используется поляризационный метод исследования параметров кристаллов. Который заключается в определении их параметров в параллельном поляризованном свете [3]. Метод позволяет, не только определить основные параметры оптически прозрачных кристаллов, но и визуализировать двойное лучепреломление кристаллов, а также интерференцию поляризованного света в них.

Для наблюдения интерференции поляризованного света в кристаллах используется поляризационный микроскоп. Поляризационный микроскоп – универсальный прибор для различных кристаллооптических измерений и

наблюдений. Многочисленные вспомогательные приспособления позволяют исследовать оптические свойства кристаллов и измерять их оптические константы. Поляризационный микроскоп является универсальным прибором также и потому, что область его применения в значительно меньшей степени, чем у всех других приборов, ограничена размерами и качеством исследуемых кристаллов [4]. Этим объясняется исключительное значение поляризационного микроскопа для практических применений кристаллооптики, поскольку на практике обычно приходится иметь дело с очень мелкими кристаллами или с кристаллами невысокого качества [5, 6].

Исследования оптических свойств кристаллов производилось при помощи поляризационного микроскопа подтели МИН-5. Основными частями поляризационного микроскопа являются: штатив, предметный столик, тубус, осветительное устройство и поляризационная система (рис. 1).

Исследования оптических свойств одноосных и двуосных кристаллов проводились как при скрещенных ( $N_1 \perp N_2$ ), так и параллельных ( $N_1 \parallel N_2$ ) ориентациях николей.

Для определения оптических параметров кристаллов были выбраны следующие образцы (рис 2).

Данные кристаллы имеют разное количество оптических осей и обладают различными показателями преломления  $n_o$  и  $n_e$ , а также различной симметрией.

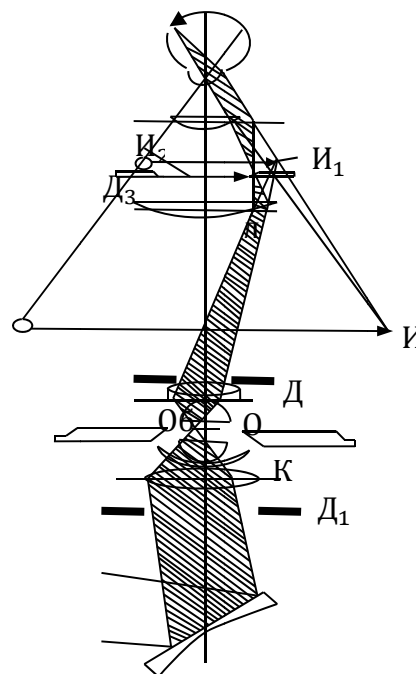
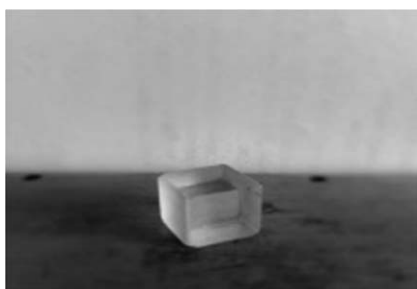


Рис. 1. Схема образования лучей в микроскопе



а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Исследуемые образцы: а) исландского шпата ( $CaCO_3$ ); б) ниобат лития ( $LiNbO_3$ ); в) Пластинка ниобата лития ( $LiNbO_3$ ); г) гипс ( $CaSO_4 \cdot 2(H_2O)$ )

При изучении явления двойного лучепреломления в исследуемых кристаллах рассчитан оптимальный угол расхождения обыкновенного ( $o$ ) и необыкновенного ( $e$ ) лучей [3]. Погрешность измерения составляет  $\approx 0,5^\circ$  (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1

	$CaCO_3$	$LiNbO_3$
$\alpha_{opt}$	$5,8^\circ$	$2,1^\circ$
$\Delta\alpha_{opt}$	$0,2^\circ$	$0,2^\circ$

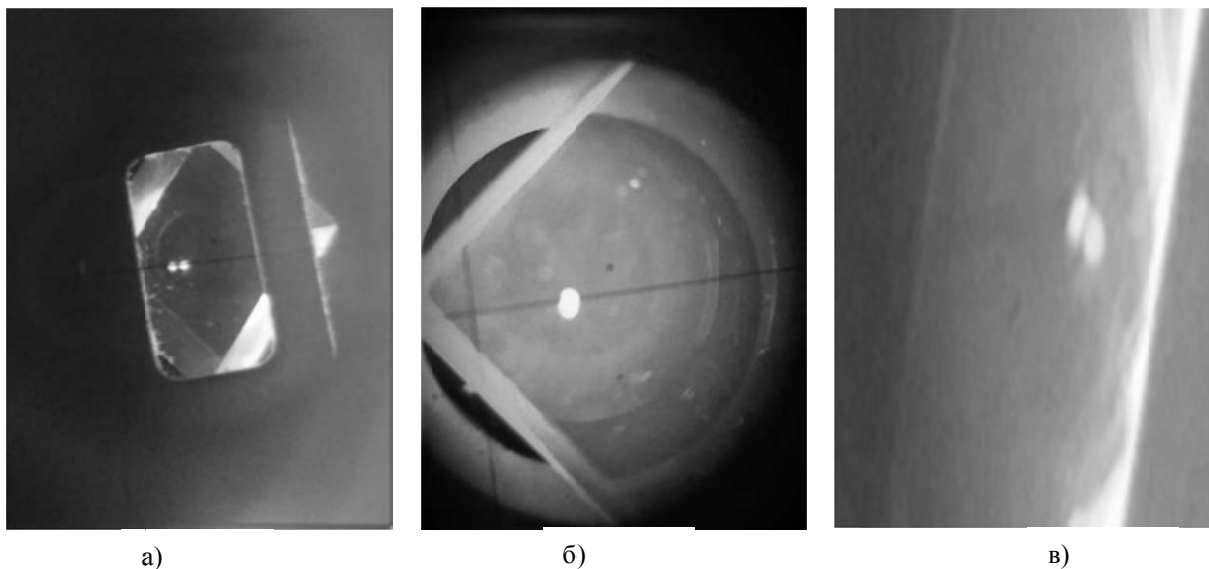


Рис. 3. Двойное лучепреломление в кристаллах: а) исландского шпата ( $CaCO_3$ ); б) ниобат лития ( $LiNbO_3$ ); в) гипс ( $CaSO_4 \cdot 2(H_2O)$ ).

В кристалле ниобат лития и гипса расхождение лучей не ярко выражено в отличие от расхождения лучей при двойном лучепреломления в кристалле исландского шпата (рис. 4).

В пластинке ниобат лития двойное лучепреломление полностью отсутствует, это происходит потому что пластинка вырезанная параллельно оптической оси. На выходе из пластинки наблюдается один белый луч (рис.4).

Экспериментально полученные, данным методом значения показателей преломления для  $o$ - и  $e$ -лучей ( $n_o$  и  $n_e$  соответственно) хорошо согласуются со справочными данными для таких кристаллов и позволяют заключить, что:

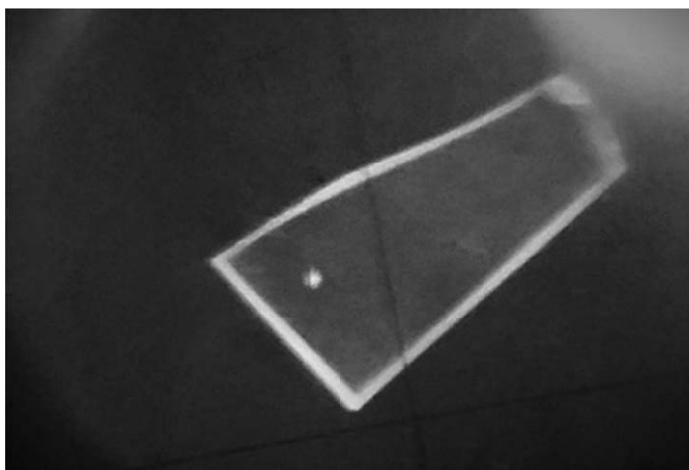


Рис. 4. Пластинка ниобат лития

- Исландский шпат и ниобат лития отрицательные кристаллы, т.к. для них  $n_o > n_e$ ;
- Гипс положительный кристалл, т.к.  $n_o < n_e$ .

Таким образом, поляризационный метод исследований позволяет определить знак любого оптически прозрачного кристалла.

Визуализация двойного лучепреломления кристаллов позволяет сделать вывод, что исландский шпат и ниобат лития одноосные кристаллы, т.к. при вращении кристаллов вокруг своей оси один луч остается неподвижным, а другой описывает окружность вокруг него. Неподвижный – это обыкновенный ( $o$ ) луч, а вращающийся вокруг него необыкновенный ( $e$ ) луч. Гипс двуосный кристалл, т.к. у него оба луча описывают окружность, следовательно они оба необыкновенные. Схематическое изображение двойного лучепреломления представлено на рис. 5.

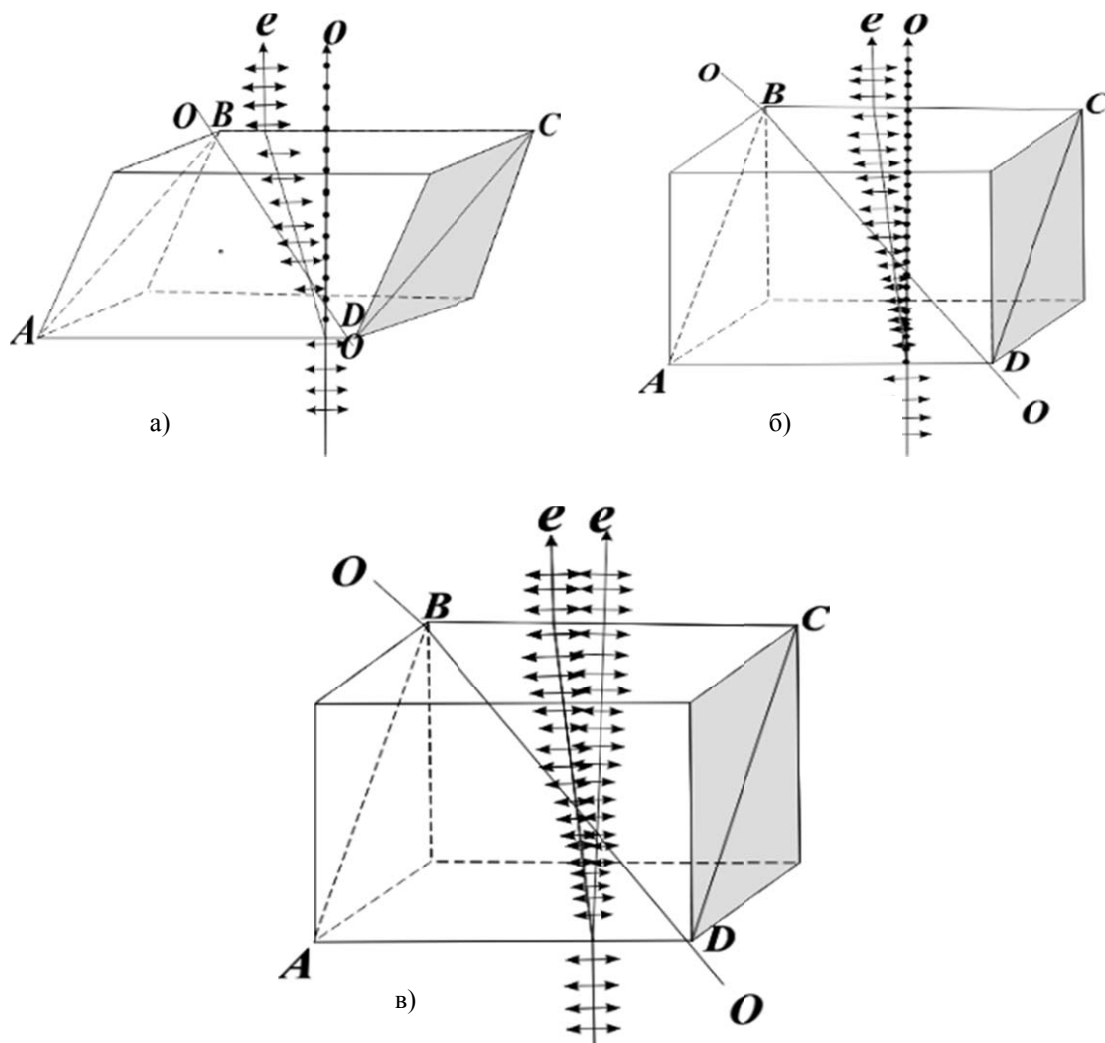


Рис. 5. Схема двойного лучепреломления в кристаллах: а) исландского шпата ( $CaCO_3$ );  
б) ниобат лития ( $LiNbO_3$ ); в) гипс ( $CaSO_4 \cdot 2(H_2O)$ ).

На основе явления интерференции поляризованных лучей и использования пластинки чувствительного оттенка, определена толщина кристаллических пластинок и величина их двулучепреломления  $\Delta n$ . Для определения толщины кристаллической пластинки в методе используется кварцевый клин [8]. На основании цветовой номограммы Мишель-Леви определяются величины двулучепреломления кристаллов и разности показателей преломления  $o$ - и  $e$ -лучей.

Для определения толщины пластинки, следует наложить пластинку на клин так, чтобы в них совпадали разнородные главные направления; тогда в том месте, где

толщина их одинакова, получится при  $N_1 \perp N_2$  черная полоса (рис. 6), а по обе стороны ее будут идти спектры 1-го, 2-го и т.д. порядков; сдвинув несколько пластинку в сторону параллельно острому ребру клина, можно определить какому цвету и какому порядку соответствует окраска пластинки, и тогда толщина ее определится по табл. 2. Кроме того, можно таким же образом определить порядок окраски любой кристаллической пластинки и эквивалентную ей толщину кварцевого клина. Для пластинки ниобат лития толщина клина составляет приблизительно от 1,05 - 01,10 мм, что соответствует IV порядку. Если толщина клина превышает 0,54 - 0,56 мм, то в этом случае по цветовой номограмме Мишель – Леви уже невозможно определить  $\Delta n$ .



Рис. 6. Черная полоса (погашенная полоса)

Таблица 2

	Толщина клина	$\Delta n$
I-й кварц	0,55	0,01
II-й кварц	0,53	0,09

Таким образом, используемая в работе методика изучения оптически прозрачных кристаллов поляризационным методом при помощи поляризационного микроскопа позволяет визуализировать двойное лучепреломление кристаллов, а так же интерференцию поляризованного света в них, и по полученной интерференционной картине определить с достаточной точностью, основные свойства оптически прозрачных кристаллов такие как: явление двулучепреломления; значение показателей преломления и их разности; количество осей кристалла; толщина кристалла; рассчитать оптимальный угол расхождения лучей.

Т.е. поляризационный метод является хорошей альтернативой коноскопическому методу для исследования оптически прозрачных кристаллов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четвериков С.Д. Методика кристаллооптического исследования шлифов: учеб. пособие / С.Д. Четвериков. – М.: Госгеолгиздат, 1949. –154 с
2. Шубников А.В. Основы оптической кристаллографии: учеб. пособие / А.В. Шубников – М.: Изд-во АН СССР, 1958. –206 с.
3. Белоусова О.Н., Михина В.В. Общий курс петрографии: учеб. пособие / О.Н. Белоусова, В.В. Михина. –М.: Недра, 1972. – 344 с.
4. Попов Г.М., Шафрановский И.И. Кристаллография: учеб. пособие / Г.М. Попов, И.И. Шафрановский.– М.: Высшая школа, 1972. — 352 с.
5. Лабораторные работы по оптике: учеб. пособие/ сост. Е.Д. Бондарь, А.В. Безус, А.В. Головчан, Ю.А. Мамалуй.– Донецк: ДонНУ, 2012. –93 с.
6. Четвериков С.Д. Методика кристаллооптического исследования шлифов: учеб. пособие / С.Д. Четвериков. – М.: Госгеолгиздат, 1949. –154 с.
7. Шаргородская.О.А. Безус.А.В. Студенческая научно-практическая конференция физико-технического факультета.
8. Ландесберг Г.С. Оптика / Учеб.пособие – 6-е изд.,стереот.–М.:ФИЗМАТЛИТ,2003.–848 с

## СИСТЕМА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ МЕТОДОМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

*Резюме* Разработана система биометрической аутентификации на основе распознавания лиц в режиме реального времени. Выбран алгоритм обнаружения лица по признакам Хаара и обучения нейронной сети, разработаны архитектура нейронной сети, интерфейс приложения, общий алгоритм работы приложения, готовая система протестирована на лицах студентов и преподавателей кафедры, проанализированы результаты тестирования, предложены шаги по улучшению характеристик системы.

*Ключевые слова:* биометрические системы аутентификации, распознавание лиц, сверточные нейронные сети, метод Виолы-Джонса, FAR, FRR.

**Введение** На сегодняшний день все популярнее становятся способы аутентификации по биометрическим данным. Это те признаки, которые сложно «потерять» или «забыть». Черты человеческого лица являются возможным идентификатором.

Саму систему распознавания предполагается реализовать на базе Arduino, но для того, чтобы изучить принципы построения подобных систем и устранить все «подводные камни» было принято решение реализовать приложение для распознавания лиц на обычном PC и в качестве примера, осуществить распознавание лиц студентов и преподавателей кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий.

**Разработка архитектуры.** В качестве алгоритма машинного зрения были выбраны нейронные сети, а именно сверточные. Они относительно просты в реализации и позволяют визуализировать данные на каждом этапе свёртки [1, 2].

Сам же алгоритм распознавания делится на 2 этапа. Поиск лица или лиц на фотографии и само сравнение.

Во-первых, нужно найти, где на фото расположено лицо человека и не спутать его с часами на стене и кактусом на подоконнике. Казалось бы, простая задача для человека, оказывается не такой простой для компьютера. Для того, чтобы найти лицо мы должны выделить его основные компоненты, такие как нос, лоб, глаза, губы и т.д. В качестве способа поиска расположения лица на фотографии был выбран метод Виолы — Джонса, использующий «признаки Хаара».

После, с помощью нейронной сети, каждая фотография, хранящаяся в базе данных, сравнивается с текущей. В результате нейронная сеть выдаёт степень схожести в количественном выражении.

Сама нейронная сеть реализована в виде свёрточной нейронной сети, архитектура которой представлена на рис. 1.

**Подготовка данных для обучения.** Поскольку сам способ распознавания реализован через сравнения двух лиц, то обучать модель можно абсолютно на любых наборах.

В качестве набора для обучения использовалась база изображений лиц, созданная в университете Карнеги—Меллон. В базе 41 368 изображений 68 человек. Изображения в серии для каждого человека отличаются небольшими деталями, ракурсом и выражением лица.

Так как в наборе есть более полутысячи фотографии одного и того же человека, то это позволяет довольно точно настроить алгоритм. В ходе обучения пришлось использовать набор повторно, для достижения требуемой точности [3].



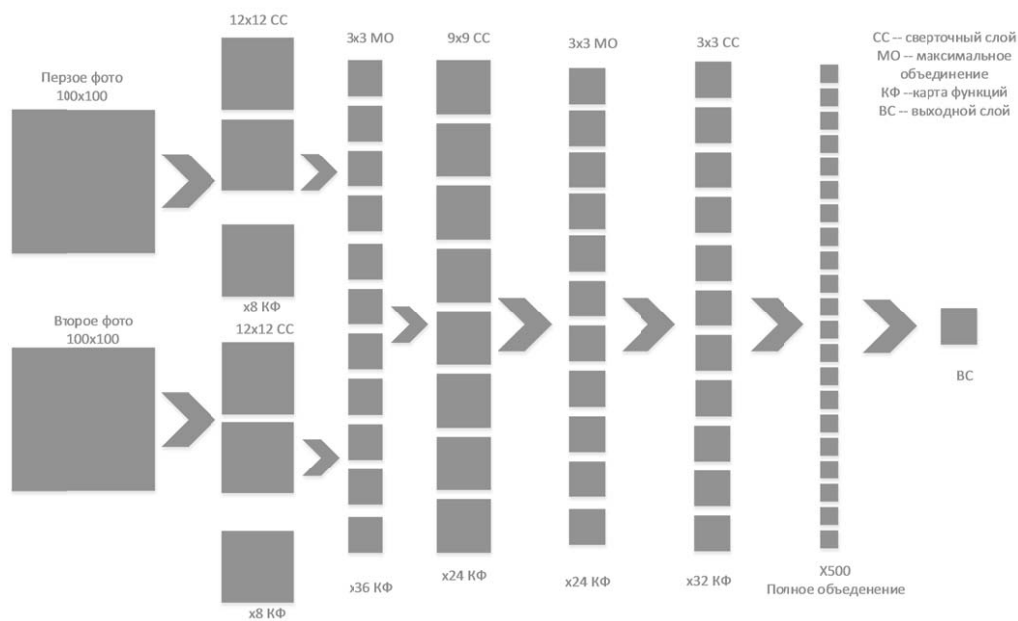


Рис. 1. Архитектура нейронной сети

**Алгоритм обучения.** Сам алгоритм обучения сконцентрирован именно в алгоритме Виолы — Джонса или признаков Хаара и на самой нейронной сети [4]. Сам метод «признаков Хаара» использует шаблоны, наподобие тех, что представлены на рис. 2.

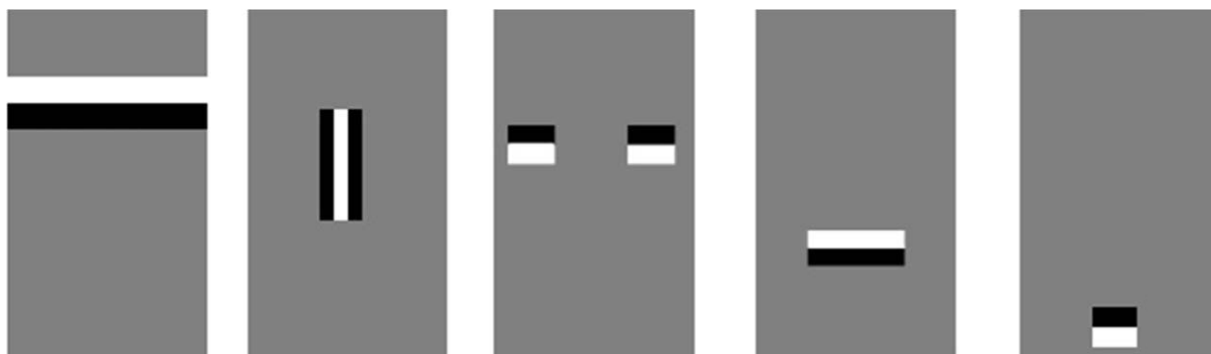


Рис. 2. Признаки Хаара

Если шаблоны соответствуют конкретным областям на изображении, будем считать, что на изображении есть человеческое лицо. На самом деле подобных шаблонов гораздо больше. Для каждого из них считается разность между яркостью белой и черной областей. Это значение сравнивается с эталоном и принимается решение о том, есть ли здесь часть человеческого лица или нет.

Наборы для обучения нужны именно для правильного поиска лица и его расположения на фотографии, а так же для более точного сравнения.

Из изображения выделяется область с лицом и приводится к формату 100x100 пикселей. Полученное изображение подается на один из входов нейронной сети, а на другой подается фотография размером 100x100 пикселей из базы данных, с которой необходимо сравнить.

В результате НС выдаёт «похожесть» фотографий в процентах. Считается, что если НС выдает 75% и больше, то на фотографиях один и тот же человек.

**Написание программы** Чтобы проверить работоспособность всех вышеперечисленных методов и алгоритмов была написана программа на алгоритмическом языке C#, которая способна распознавать человеческие лица на видеоряде от веб камеры и сравнивать их с фотографиями, уже имеющиеся в базе [5, 6].

В качестве библиотеки работы с веб камерой была взята библиотека компьютерного зрения OpenCV, которая распространяется в условиях лицензии BSD [7].

Схематическое описание интерфейса приложения представлено на рис. 3, а блок-схема алгоритма – на рис. 4.

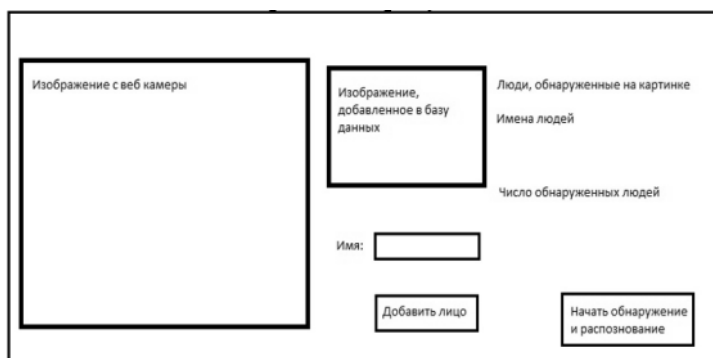


Рис. 3. Интерфейс приложения



Рис. 4. Блок-схема алгоритма

**Тестирование.** В таблице представлена сводная таблица результатов экспериментов по распознаванию лиц студентов и преподавателей кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий разработанным приложением. Объем базы данных – фотографии 50 человек. Фотографии 20 человек не вносились в базу, для определения FAR и TRR.

Таблица

Результаты тестирования программы

Название эксперимента	FAR (%) не имеется в базе данных, но распознано, как имеющееся	FRR (%) имеется в базе данных, но не распознано	TAR (%) имеется в базе данных и распознано правильно	TRR (%) не имеется в базе данных и не распознано	Всего предъявлено лиц из базы/ не из базы
Предъявление лиц при одинаковых условиях с условиями регистрации	7	8	42	43	40/20
Предъявление лиц в условиях разной освещенности	0	64	3	33	40/20
Увеличение расстояния от объекта до видеокамеры до 3м	5	8	42	45	40/20

Предъявление лиц с различными маскирующими факторами:					
Очки, в тонкой оправе	5	10	40	45	10/10
Очки, в массивной оправе	0	40	10	50	10/10
Борода	0	50	0	50	2/2
Изменение прически	0	10	40	50	10/10
Светлый головной убор	5	45	5	45	10/10
Темный головной убор	10	10	40	40	10/10
Лицо с фотографии, не имеющейся в базе данных	0	0	0	100	10
Лицо с фотографии, имеющейся в базе данных	0	40	10	50	10
Лицо с экрана мобильного телефона	5	45	5	45	10/10
При изменении ракурса ( менее 10%)	0	35	15	50	10/10
При изменении ракурса ( более 10%)	0	50	0	50	10/10
Изменение мимики	5	10	40	45	10/10

**Результаты.** Алгоритм распознавания лиц, предложенный в работе, функционирует удовлетворительно, при неизменной освещенности сцены для записи изображений лиц в базу данных и для предъявления лиц на распознавание.

Для устранения этого недостатка можно добавить выравнивание яркости изображений одним из известных в теории цифровой обработки изображений, методом.

Основные характеристики системы:

- TAR (True Accept Rate) – лицо имеется в базе данных и распознано правильно - 42%
- TRR (True Reject Rate) – лицо не имеется в базе данных и не распознано – 43%
- FAR (False Accept Rate) – лицо не имеется в базе данных, но распознано, как имеющееся – 7%
- FRR (False Reject Rate) – лицо имеется в базе данных, но не распознано – 6%

Результаты распознавания зависят от освещения в помещении, изменение ракурса более, чем на 10%, таких маскирующих признаков, как борода, очки в массивной оправе, прическа, закрывающая лицо, светлый головной убор.

Не зависят от - изменения ракурса менее, чем на 10%, изменения мимики, наличия темного головного убора.

Алгоритм невозможно «обмануть», предъявляя фотографию или изображение с экрана мобильного телефона вместо лица человека.

Скорость распознавания лица зависит от объема базы записанных изображений, причем нелинейно убывает с возрастанием объема базы.

К несомненным достоинствам алгоритма можно отнести тот факт, что не требуется переобучение системы, при добавлении нового лица в базу.

Возможные шаги по улучшению системы:

- 1) Выравнивание яркости захваченных камерой и хранящихся в базе изображений;
- 2) Возможность поиска и идентификации не по одному изображению лица, а по нескольким, одного и того же лица, в различных ракурсах;
- 3) Фильтрация маскирующих признаков, которые влияют на работу алгоритма;
- 4) Организация поиска в базе более быстрым способом, чем поочередное сравнение, что особенно актуально для больших, по объему баз изображений;

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: пер. с польск. И. Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452с.: ил.
2. Хайкин Саймон. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил. – Парал. тит. англ.
3. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.: ил.
4. Николенко С., Кадурич А., Архангельская Е. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018 – 480.: ил. – (Серия «Библиотека программиста»).
5. Уотсон Карли, Нейгел Кристиан, Педерсен Якоб Хаммер, Рид Джон Д., Скиннер Морган. Visual C# 2010: полный курс.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 960с. :ил. – Парал. Тит. Англ.
6. Хортон А. Visual C++ 2010: полный курс.: Пер. с англ. –М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 1216с.: ил. – Парал. тит. англ.
7. Bradski G. Learning OpenCV. Computer Vision with the OpenCV Library./ G. Bradski, A. Kaebler – O'REILLY, 2008. -- 556 с.

# Информационное обеспечение процессов и систем управления

УДК 004.056.5

*Рютина Е.В.*

*Научный руководитель: Филатова Я.В., к.э.н., доцент*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА В СФЕРЕ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

*Резюме.* В статье проанализировано электронное делопроизводство в сфере защиты информации, а также даны рекомендации по совершенствованию электронного делопроизводства в сфере защиты информации на предприятиях ДНР.

*Ключевые слова:* документ, электронный документ, электронное делопроизводство, электронная подпись, защита электронного делопроизводства.

В современном информационном обществе одной из важнейших проблем в электронном делопроизводстве является обеспечение информационной безопасности электронных документов, сохранности электронной информации и защиты персональных данных от несанкционированного доступа. Защита электронного делопроизводства – это комплекс мероприятий, включающий в себя не только защиту информации посредством законодательства в данной сфере, но также программные и аппаратные средства, без которых в современном обществе невозможно защитить информацию должным образом.

Авторами наиболее фундаментальных работ, уделяющих внимание в своих трудах вопросам организации электронного документооборота, а в частности совершенствованию электронного делопроизводства в сфере защиты информации, являются Асеев Г. Г., Кузнецов С. Л., Куняев Н. Н., Чубуков С. Г., Шрамкова И. Г. и др.

Целью работы является анализ теоретических аспектов электронного делопроизводства в сфере защиты информации в Донецкой Народной Республике (далее – ДНР), а также обоснование практических рекомендаций по совершенствованию организации защиты электронного документооборота предприятия посредством использования современных средств защиты электронного документа.

Немаловажное значение в процессе анализа электронного делопроизводства в сфере защиты информации имеет исследование терминологической базы предметной области. Приведем определения основных понятий, используемых в работе, согласно действующим терминологическим стандартам и справочной литературе.

Электронный документ – это документ, информация которого представлена в электронной форме [1]. Электронный документооборот – документооборот с использованием автоматизированной информационной системы (системы электронного документооборота). Система электронного документооборота (далее – СЭД) – автоматизированная многопользовательская система, сопровождающая процесс управления работой организации с целью обеспечения выполнения ее функций [2]. Документационное обеспечение (управления) (далее – ДОУ) – деятельность, целенаправленно обеспечивающая функции управления документами [1].

Информация – сведения (сообщения, данные) независимо от формы их представления. Документированная информация – зафиксированная на материальном носителе путем документирования информация с реквизитами, позволяющими определить такую информацию или в установленных законодательством Донецкой Народной Республики случаях ее материальный носитель [3].

Необходимо подчеркнуть, что информация является весьма специфическим продуктом. Установление и реализация общих норм, регулирующих отношения по реализации права на информацию разных субъектов и государства, порядок защиты информации как объекта отношений невозможно без четких границ, определяющих сферу информации как объекта права [4]. Обладателем информации может являться как лицо, самостоятельно создавшее информацию, так и получившее на основании закона или договора право разрешать или ограничивать доступ к информации, определяемой по каким-либо признакам [4]. Доступ к информации – это возможность получения информации и ее использование [3].

В тоже время следует отметить, что информация может являться объектом публичных, гражданских и иных правовых отношений. В связи с этим немаловажное значение приобретают вопросы изучения документов, содержащих конфиденциальную информацию. Конфиденциальными называются документы, содержащие сведения, известные только определенному кругу лиц, не подлежащие огласке, доступ к которым строго ограничен. К конфиденциальным относятся документы, имеющие грифы ограничения доступа: «конфиденциально», «коммерческая тайна» и «для служебного пользования».

Законодательством ДНР предусмотрена ответственность за несанкционированный доступ, разглашение или продажу сведений (информации, документов), имеющих подобные грифы. Сотрудники, допущенные к конфиденциальным документам, должны пройти инструктаж и ознакомиться с инструкцией по работе с конфиденциальными документами.

Для полноты проведения исследования проведем анализ существующих видов и разновидностей информации с ограниченным доступом. Исходя из исследуемой классификационной схемы видов информации и документов, в которых она закреплена (рис. 1), можно выделить две большие группы: открытую и с ограниченным доступом. В свою очередь информация с ограниченным доступом может быть: государственной тайной и конфиденциальной информацией.



Рис. 1. Виды информации и документов

Особенности использования документов с ограниченным доступом регламентируется нормативно-методической базой делопроизводства ДНР, которую составляют совокупность законодательных актов, правовых и нормативных актов и методических документов, регулирующих вопросы создания, технологию обработки и хранения рассматриваемых видов документов [4].

В законодательстве о делопроизводстве сложилось так, что нормы, правила, требования по документационному обеспечению управления оказались рассеянными по многим правовым и нормативным актам. Закон ДНР «Об информации и информационных технологиях» установил обязательность документирования информации, определил ряд терминов (информация, документированная информация и др.), обязал предприятия и организации всех форм собственности предоставлять соответствующую требуемую информацию государственным органам. Гражданский процессуальный кодекс ДНР (далее – ГПК), установил правовые основы не только деятельности юридических лиц, но и ее документирования. В ряде статей ГПК установлены требования к содержанию устава и учредительного договора, на основании которого действуют юридические лица. Уголовный кодекс ДНР установил уголовную ответственность за неправомерные действия с документами и информацией [5].

Первостепенное значение для решения проблемы подтверждения подлинности информации, содержащейся в электронном документе, имеет использование средств электронной подписи, которая позволяет установить автора электронного документа и гарантировать неизменность его содержания. Электронная подпись (далее – ЭП) – информация в электронной форме, которая присоединена к другой информации в электронной форме (подписываемой информации) или иным образом связана с такой информацией и которая используется для определения лица, подписывающего информацию [6]. Видами электронных подписей, отношения, в сфере использования которых регулируются Законом «Об электронной подписи», являются простая электронная подпись и усиленная электронная подпись. Различаются усиленная неквалифицированная электронная подпись и усиленная квалифицированная электронная подпись.

Наряду с этим необходимо отметить, что основной функцией современных систем защищенного электронного документооборота (далее – СЗЭД) является обеспечение защищенного обмена юридически значимыми электронными документами (далее – ЭД). Защищенность системы электронного документооборота (далее – СЭД) обеспечивается совокупностью программных и технических средств защиты информации и процессов ее обработки от доступа не легитимных пользователей (процессов).

Так как рассмотрение программных средств защиты информации является предметом самостоятельного исследования, выходящего за рамки нашей работы, скажем несколько слов о техническом обеспечении электронной цифровой подписи. Как известно, оно основано на использовании методов криптографии [7]. Любой документ можно рассматривать как уникальную последовательность символов. Изменение хотя бы одного символа в последовательности будет означать, что в результате получится уже совсем другой документ, отличный от исходного.

Также для целостной характеристики рассматриваемого вопроса необходимо выделить требования, которые предъявляются к электронным документам. Юридическая значимость ЭД определяется установленными правилами документирования и результатом проверки соответствия ЭД следующим требованиям: конфиденциальности, целостности, доступности, легитимности, достоверности и аутентичности (подлинности). Поясним некоторые из них. Документ является аутентичным, если он: соответствует установленным правилам; был создан или отправлен лицом, уполномоченным на это; был создан или отправлен в то время, которое обозначено в документе. Достоверным, в свою очередь, является документ,

содержание которого можно считать полным и точным представлением подтверждаемых операций, деятельности или фактов и которому можно доверять в последующих операциях или в последующей деятельности. Целостность документа определяется его полнотой и неизменностью [8].

В настоящее время проблемы защиты информации стали более сложными и значимыми в связи с переходом жизненного цикла документированной информации на безбумажную, электронную основу с одновременным применением как «бумажных» технологий делопроизводства и документооборота, так и электронных с использованием автоматизированных информационных систем [9].

Рассмотрим существующие условия признания электронных документов, подписанных электронной подписью, равнозначными документам на бумажном носителе, подписанным собственноручной подписью.

Во-первых, информация в электронной форме, подписанная квалифицированной электронной подписью, признается электронным документом, равнозначным документу на бумажном носителе, подписанному собственноручной подписью, кроме случая, если законодательством ДНР установлено требование о необходимости составления документа исключительно на бумажном носителе [6].

Во-вторых, если в соответствии с законодательством ДНР или общепринятыми правилами делового документооборота документ должен быть заверен печатью, электронный документ, подписанный усиленной электронной подписью и признаваемый равнозначным документу на бумажном носителе, подписанному собственноручной подписью, признается равнозначным документу на бумажном носителе, подписанному собственноручной подписью и заверенному печатью. Законодательством ДНР или соглашением между участниками электронного взаимодействия могут быть предусмотрены дополнительные требования к электронному документу в целях признания его равнозначным документу на бумажном носителе, заверенному печатью.

В-третьих, одной электронной подписью могут быть подписаны несколько связанных между собой электронных документов (пакет электронных документов). При подписании электронной подписью пакета электронных документов каждый из электронных документов, входящих в этот пакет, считается подписанным электронной подписью того вида, которой подписан пакет электронных документов.

Безусловно, законодательство ДНР охватывает множество аспектов, касающихся ЭП, но все же обеспечение защиты электронного делопроизводства – трудоемкий и динамичный процесс. В ДНР вопросом применения ЭП занимается Головной удостоверяющий центр для изготовления и управления сертификатами электронной цифровой подписи, но сайт данного центра находится в разработке, поэтому проверить достоверность ЭП с помощью государственных органов в режиме онлайн пока нет возможности. Также в ДНР существует только один республиканский орган исполнительной власти, государственное предприятие «Почта Донбасса», предоставляет услугу по выдаче квалифицированного сертификата ключа проверки электронной подписи, для начала этого достаточно, но в дальнейшем потребуются расширения. Так же в ДНР нет налаженной системы разработки средств криптографической защиты информации и развития Инфраструктуры Открытых Ключей (Public Key Infrastructure) на основе использования международных рекомендаций и криптографических алгоритмов, например, как в Российской Федерации – КриптоПро. В тоже время следует отметить, что сертификаты ЭП иностранных государств могут действовать на территории ДНР, если это не противоречит Закону «Об электронной подписи».

Сегодня насущной проблемой является возможность взлома ЭП на основе криптоанализа, т. к. законодательство в данной области еще в стадии формирования.



Для того чтобы обезопасить свои данные особое внимание нужно уделять способу хранения закрытого ключа. В настоящее время существует множество устройств хранения закрытого ключа: дискеты, смарт-карты, usb-брелоки и т. д. Более того, кража или потеря одного из таких устройств хранения может быть легко замечена пользователем, после чего соответствующий сертификат может быть немедленно отозван. Вместе с тем наиболее защищенным способом хранения закрытого ключа является хранение его на смарт-карте и токене. Для того чтобы использовать смарт-карту, пользователю необходимо не только ее иметь, но и ввести PIN-код, то есть получается двухфакторная аутентификация.

Сейчас в большинстве своем юридические и физические лица ДНР хранят квалифицированную электронную подпись на обычной флеш-карте, которая предоставляет не самый безопасный способ хранения. В свете сказанного необходимо отметить, что в ДНР только начался процесс выдачи квалифицированного сертификата ключа проверки электронной подписи, соответственно, процесс будет видоизменяться и дополняться. Внедрение же одного из самых безопасных средств хранения на данный момент – смарт-карты, потребует определенного времени. Пока же можно рекомендовать использовать токен – компактное устройство, предназначенное для обеспечения информационной безопасности пользователя, также используется для идентификации его владельца, безопасного удаленного доступа к информационным ресурсам и т. д.

Весьма важным для проведенного исследования являются результаты работы Министерства связи Донецкой Народной Республики относительно разработанного им проекта о единой электронной подписи. Итоги проведенного нами анализа презентации рассматриваемого проекта позволяет сделать некоторые частные выводы, представляющие интерес для нашего исследования.

Так, использование цифровой подписи, как средства безопасного документооборота в электронном делопроизводстве в организациях, предприятиях и учреждениях ДНР, обеспечивает:

- защиту от изменений электронного документа. При любом изменении документа, на котором проставлена электронная подпись, будет отображаться информация о том, что он был изменен. Так же в ряде программ, например, «1С: Документооборот 8», для того чтобы изменить документ, на котором проставлена ЭП, требуется ее изначально удалить;

- невозможность отказа от авторства. При реализации системы «Одно лицо – одна электронная подпись» и возможности онлайн проверки в «Главном Удостоверяющем Центре», невозможно будет отказаться от авторства ЭП;

- удостоверение источника документа. В единой подписи, реализованной в данный момент в ДНР, есть ряд обязательных полей для заполнения (ФИО, должность и т.д.), которые позволяют определять источник документа;

- предприятиям и коммерческим организациям сдачу финансовой отчетности в государственные учреждения в электронном виде. Например, посредством электронных ключей в ДНР для сдачи налоговой отчетности с помощью «Личного кабинета плательщика»;

- организацию юридически значимого электронного документооборота.

В итоге можно сказать, что внедрение данного проекта займет определенное время, но алгоритмы внедрения уже разработаны, как, впрочем, и сама система [10].

В целях безопасности и экономии временных и финансовых затрат в будущем автор рекомендует юридическим и физическим лицам оформление именно усиленной квалифицированной электронной подписи, т. к. она имеет большую юридическую силу и степень защищенности, чем простая электронная подпись и неквалифицированная электронная подпись. Тем более, исходя из правовой позиции ДНР «одно лицо – одна

электронная подпись», данный вид электронной подписи позволит в дальнейшем использовать одну электронную подпись для электронного документооборота в различных государственных и коммерческих структурах.

Из всего вышеприведенного можно сделать вывод, что цифровая подпись хоть и является одной из важнейших составляющих аспектов защиты электронного делопроизводства, но пока не может в полной мере защищать ЭД. В связи с этим не стоит забывать о других программных и аппаратных средствах защиты. Также не маловажную роль в обеспечении защиты электронного делопроизводства занимает квалифицированность сотрудников, т. к. из-за «человеческого фактора», невнимательности и некомпетентности, предприятие может понести огромные убытки. Поэтому, в первую очередь, при внедрении механизмов совершенствования защиты электронного делопроизводства стоит подготовить сотрудников, например, провести повышающие курсы и тренинги.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 7.0.8–2013. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения [Текст] / Федер. агентство по техн. регулированию и метрологии ; Всерос. науч.-исследоват. ин-т документоведения и архивного дела. – Взамен ГОСТ Р 51141–98 ; введ. 2014-03-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – IV, 11 с.
2. Бизнес-словарь : СЭД [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: [http://www.businessvoc.ru/bv/TermWin.asp?theme=&word\\_id=29582](http://www.businessvoc.ru/bv/TermWin.asp?theme=&word_id=29582), свободный (дата обращения: 13.02.2018). – Загл. с экрана.
3. Донецкая Народная Республика. Законы. Об информации и информационных технологиях [Электронный ресурс] : закон Донецкой Народной Республики № 71-ІНС, действующая редакция по состоянию на 03.09.2015 : принят постановлением Народного Совета ДНР от 07.08.2015 №І-278П-НС) // Народный Совет Донецкой Народной Республики : официальный сайт. – Электрон. текстовые дан. – Донецк, 2016–2018. – Режим доступа: <http://dnrsovet.su/zakonodatelnaya-deyatelnost/prinyaty/zakony/zakon-donetskoj-narodnoj-respubliki-ob-informatsii-i-informatsionnyh-tehnologiyah/>, свободный (дата обращения: 13.02.2018). – Загл. с экрана.
4. Шрамкова, И. Г. Защита и обработка конфиденциальных документов : учеб. пособие / И. Г. Шрамкова, Ю. Г. Крат. – Хабаровск : ДВГУПС, 2008. – 140 с.
5. Захарова, Т. И. Документационное обеспечение управления : учеб.-практ. пособие / Т. И. Захарова – М. : ЕАОИ, 2010. – 156 с.
6. Донецкая Народная Республика. Законы. Об электронной подписи : [Электронный ресурс] : закон Донецкой Народной Республики : постановление Народного Совета от 19.06.2015 № 60-ІНС // Донецкая Народная Республика : официальный сайт. – Электрон. дан. – Донецк, [2014–2018]. – Режим доступа: <http://dnrsovet.su/zakon-donetskoj-narodnoj-respubliki-ob-elektronnoj-podpisi/.doc>, свободный (дата обращения: 13.02.2017). – Загл. с экрана.
7. Чубукова, С. Г. Основы правовой информатики / С. Г. Чубукова, В. Д. Элькин ; под ред. М. М. Рассолова, В. Д. Элькина. – М. : КОНТРАКТ, 2007. – 287 с.
8. ГОСТ Р ИСО 15489–1–2007. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Управление документами. Общие требования : нац. стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 15489–1–2007 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Введен впервые ; введен 2007-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2007. – III, 19 с.
9. Кундяев, Н. Н. Конфиденциальное делопроизводство и защищенный электронный документооборот : учебник / Н. Н. Куняев, А. С. Демушкин, А. Г. Фабричный ; под общ. ред. Н. Н. Куняева. – М. : Логос, 2011. – 452 с.
10. Минсвязи разработало единую электронную подпись для граждан ДНР [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=bvor2QagyPY>, свободный (дата обращения: 13.02.2017). – Загл. с экрана.

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАМИ

*Резюме.* В статье уточняются определения понятиям «стандартизация» и «унификация», обосновывается необходимость проведения работ по стандартизации и унификации в области управления документами, определяются основные направления развития стандартизации в области документационного обеспечения управления в Донецкой Народной Республике.

*Ключевые слова:* стандартизация, стандарт, унификация, управление документами, унифицированные системы документации.

Формирование правового государства в Донецкой Народной Республике (ДНР) связано не только с принятием законодательных основ работы основных институтов, но также и с разработкой нормативно-методической базы, регламентирующей вопросы управления служебными документами, в частности технологию их создания, обработки, хранения и использования в текущей деятельности юридических лиц.

Эффективная управленческая деятельность зависит от того, насколько правильно организована работа с документами. В следствии этого руководители предприятий, организаций и учреждений заинтересованы в качественном формировании документов. Для повышения эффективности работы с документами используют прежде всего автоматизацию и внедряют новые информационные технологии. Однако предшествующим этапом эффективного использования современных технологий в области документационного обеспечения управления должно быть проведение работ по унификации и стандартизации всех создаваемых документов в организации, а также всех процессов управления ими. Поэтому важной задачей на уровне нашего государства является становление и развитие национальной системы стандартов в области делопроизводства и архивного дела на основе имеющейся нормативно-правовой базы.

Актуальность темы обуславливается тем, что на современном этапе формирования законодательства Республики большой интерес представляет обоснование необходимости стандартизации и унификации служебных документов как факторов повышения производительности управленческой деятельности.

Целью статьи является определение основных направлений совершенствования стандартизации в области управления документами в Донецкой Народной Республике.

На сегодняшний день важным аспектом любой деятельности, а прежде всего коммерческой, является качество, а главным инструментом обеспечения качества – стандартизация. Под стандартизацией понимается деятельность по разработке (ведению), утверждению, изменению (актуализации), отмене, опубликованию и применению документов по стандартизации и иная деятельность, направленная на достижение упорядоченности в отношении объектов стандартизации [1]. Основным результатом данной деятельности должно быть повышение степени соответствия продукта или услуги, процессов их функциональному назначению, устранение технических барьеров в международном товарообмене, содействие научно-техническому прогрессу и сотрудничеству в различных областях [2, 3].

Стандартизация управления документами направлена на развитие и совершенствование нормативной базы в этой области, а также позволяет более эффективно организовать работу с документами в управлении. Вместе с тем следует подчеркнуть, что не следует отождествлять понятия «стандартизация» и «унификация». Под унификацией понимается приведение чего-либо к единой системе, форме или единообразию. Унификация документов проводится в целях сокращения количества

применяемых в управленческой деятельности документов, типизации их форм, установления единообразных требований к оформлению документов, создаваемых при решении однотипных управленческих задач, а также снижения трудовых, временных и материальных затрат на подготовку и их обработку [4]. Унификация в делопроизводстве может быть, как самостоятельной работой, так и этапом в работе по стандартизации [1].

Суть стандартизации в делопроизводстве заключается в разработке оптимальных правил и требований по подготовке, оформлению, учету и хранению деловой документации, которые приняты в установленном порядке и рекомендованы для всеобщего и многократного применения. Таким образом, стандартизация документов – это установление единых норм и правил, предъявляемых к документам с целью упорядочения управления. Стандартизация является итогом унификации, ее высшей формой [5]. Результатом работ по унификации и стандартизации могут быть как стандарты на отдельные виды документов или их элементы, так и на унифицированные системы документации [1].

Исходя из вышесказанного, четко прослеживается тесная связь унификации со стандартизацией, как ключевого метода данной деятельности, с помощью которого и достигаются цели стандартизации документов.

Говоря о важности унификации структуры, содержания и оформления документов, важно отметить то, что одинаковые по форме документы могут быть унифицированы путем разработки трафаретных текстов, что позволит повысить эффективность и оперативность организации работы с ними. Под трафаретом понимается заранее изготовленный текст с унифицированной постоянной информацией и пропусками для заполнения переменной информацией, которая отражает конкретную ситуацию, фиксируемую данным документом. Наличие трафаретного текста с полями для ввода переменной информации освобождает от необходимости каждый раз обдумывать, как составить документ, позволяет сосредоточиться на его фактическом содержании, т. е. не на том, как написать, а что написать, страхует от пропуска необходимой информации, значительно ускоряет как подготовку самого документа, так и его восприятие [6].

Использование заранее разработанных типовых текстов, унифицированных форм документов (УФД) и шаблонов значительно ускоряет процесс составления документов и уменьшает количество возможных ошибок. Уместно отметить, что в случае отсутствия на уровне государства утвержденных соответствующими нормативно-правовыми актами типовых форм документов, организации вправе самостоятельно в границах своей компетенции разрабатывать и утверждать собственные шаблоны служебных документов, образующихся в результате их хозяйственной, административной, производственной, торговой и иной деятельности. При этом они имеют возможность использовать множество различных инструментов и технологий: создание форм на базе документов Excel, на базе Access, веб-формы, а также специализированные приложения.

Для полноты понимания состояния и перспектив развития стандартизации в области управления документами в Донецкой Народной Республике необходимо сделать краткий экскурс в историю развития основных положений системы стандартизации в нашей стране. Как известно, основы стандартизации были заложены в СССР в 20–30-х гг. XX века. В дальнейшем, после образования независимых государств, существующие наработки и результаты в этой области явились основой для формирования и дальнейшего развития государственной (национальной) системы стандартизации и в Украине, и в Российской Федерации. Сегодня Донецкая Народная Республика использует опыт указанных стран в своей государственной политике в области стандартизации.

В тоже время необходимо обратить внимание на то, что на сегодняшний день в ДНР еще не принят основополагающий закон в области стандартизации, пока только разработаны проекты законов «О стандартизации и сертификации» № 200–КД и «О стандартизации и подтверждении соответствия» № 216–Д, которые официально не приняты в законном порядке и с начала декабря 2015 года по-прежнему находятся в подвешенном состоянии [7].

Также важно отметить, что в Республике уже действует республиканский орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативному правовому регулированию в сфере технического регулирования, стандартизации и обеспечения единства измерений, а также государственное предприятие «Донецкий научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации» («Донецкстандартметрология»). Фонд нормативно-технической документации ГП «Донецкстандартметрология» поддерживается в актуальном состоянии и содержит более 21 000 нормативных документов всех категорий: национальные стандарты Украины (ДСТУ, РСТ), национальные стандарты, идентичные международным стандартам, европейским нормам (ДСТУ ISO, ДСТУ IEC, ДСТУ EN), межгосударственные стандарты (ГОСТ), методики и рекомендации по метрологии (МИ, МПУ, МВУ, Р, РД), государственные классификаторы (ДК), нормативные документы в области строительства. Кроме того, имеется возможность пользования российскими и межгосударственными стандартами (более 10000 ГОСТ Р, ГОСТ) [8].

В свою очередь, требующим внимания является недавно подписанный Указ Главы ДНР от 22.11.2016 № 399 «О применении стандартов на территории Донецкой Народной Республики», в соответствии с которым на территории ДНР разрешается применять стандарты и другие нормативные документы по стандартизации Российской Федерации, а в случае их отсутствия временно применять стандарты Украины [9].

Если рассматривать уровень министерств и ведомств государства, то в Донецкой Народной Республике в сфере управления документами было создано Главное государственное управление документационного обеспечения и архивного дела ДНР (ГГУДОАД), главной целью которого является повышение эффективности реализации государственной политики в сфере документационного обеспечения, делопроизводства и архивного дела, нормативно-методического обеспечения документационных процессов, организации профессиональной подготовки управленческих кадров, работников служб делопроизводства и архивных подразделений в Донецкой Народной Республике.

Проведение вышеперечисленных мероприятий заложило основу развития стандартизации в области управления документами. Однако, несмотря на наличие определенных усилий и трудов, еще остается проделать много работы для развития и совершенствования стандартизации в сфере управления документами в Донецкой Народной Республике. В первую очередь необходимо разработать полную нормативную базу в данной области. Для нахождения оптимального решения можно использовать опыт ближайших стран-соседей, который будет приемлемым для нашей молодой республики. В частности, при проектировании нормативных документов можно использовать документы по стандартизации Российской Федерации и Украины, а также международные стандарты.

Еще раз следует подчеркнуть о важности скорейшего принятия закона «О стандартизации», что обусловлено необходимостью установления правовых основ стандартизации, в том числе функционирования национальной системы стандартизации, обеспечения проведения единой государственной политики и государственного надзора в сфере стандартизации.

Также важным этапом в этой сфере является разработка классификаторов. Проект республиканского классификатора управленческой документации можно принять по

образцу украинского ДК 010–98 и российского ОК 011–93. Принятие такого классификатора позволит [10]:

- сократить количество применяемых форм документов;
- исключить из обращения неунифицированные формы;
- обеспечить учет и систематизацию унифицированных форм документов на основе их регистрации;
- организовать контроль за применением унифицированных форм документов.

При подготовке стандартов Республики в первую очередь целесообразно разработать терминологический стандарт, за основу которого можно взять ГОСТ Р 7.0.8–2013 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения», а также ДСТУ 2732:2004 «Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения понятий», которые отражают терминологическую систему понятий в области делопроизводства и архивного дела.

Следующим важным этапом работы является разработка стандарта на систему организационно-распорядительной документации (ОРД). Данная система документации заслуживает особого внимания, поскольку рассматриваемые документы являются основой функционирования любой организации независимо от форм собственности и вида деятельности. Стандарт на систему ОРД должен устанавливать состав реквизитов документов, требования к их оформлению, а также требования к бланкам документов.

Параллельно с принятием стандартов в сфере делопроизводства и архивного дела, содержащих положения относительно создания и оформления документов на бумажной основе, можно вести работы по разработке стандартов, связанных с применением электронного документооборота на территории Донецкой Народной Республики.

Для принятия национальных стандартов в сфере делопроизводства и архивного дела необходимым является создание технических комитетов (ТК) и подкомитетов (ПК) по стандартизации, регулирующих данную сферу деятельности. В Российской Федерации и Украине действуют соответствующие технические комитеты. Например, в Российской Федерации действует ТК 191 «Научно-техническая информация, библиотечное и издательское дело», а в Украине ТК 144 «Информация и документация». Целью деятельности подобного технического комитета в ДНР будет являться разработка национальных стандартов, а также проведение работ по стандартизации в области информации и документации, библиотечного, издательского и архивного дела.

Таким образом, учитывая вышесказанное, можно сказать, что для совершенствования области управления документами на основе проведения работ по стандартизации в ДНР рекомендуется:

- принять законы «О стандартизации и сертификации», «О стандартизации и подтверждении соответствия»;
- создать технические комитеты в сфере делопроизводства и архивного дела, а также соответствующие подкомитеты;
- разработать и принять национальные стандарты и классификаторы;
- подготовить сборники УФД (разработкой данных форм должны заниматься соответствующие министерства и ведомства).

В этом контексте следует указать, что процесс разработки стандартов открытый и в нем могут принимать участие не только соответствующие органы, но и все заинтересованные стороны, и в каждой стране целесообразно создание институтов по разработке стандартов. Также важным является использование международного опыта, практики международных организаций по стандартизации, их технических комитетов и

подкомитетов, регулирующих данную сферу деятельности, а также привлечение к разработке ведущих специалистов-практиков и ученых высших учебных заведений.

Реализация вышеперечисленных рекомендаций поможет усовершенствовать уровень развития стандартизации в Донецкой Народной Республике.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Законы. О стандартизации в Российской Федерации [Электронный ресурс] : федер. закон от 29 июня 2015 г. № 162–ФЗ : принят Гос. Думой 19 июня 2015 года : одобр. Советом Федерации 24 июня 2015 года : в ред. федер. законов от 05.04.2016 № 104–ФЗ, от 03.07.2016 № 296–ФЗ // Государственная система правовой информации : официальный интернет-портал правовой информации. – Электрон. текстовые дан. – 2005–2018. – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102374687&rdk=&backlink=1> (дата обращения 07.01.2018). – Загл. с экрана.
2. Украина. Законы. Про стандартизацію [Электронный ресурс] : закон України від 17.05.2001 №2408-III : втратив чинність згідно із Законом України від 5 червня 2014 року № 1315–VII / Верховна Рада України // Ліга Закон : главный правовой портал Украины. – Электрон. текст. дані. – 1991–2018. – Режим доступа: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/T012408.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T012408.html) (дата звернення 07.01.2018). – Загл. з екрану. – Закон действует на территории Донецкой Народной Республики в соответствии со ст. 86 Конституции ДНР, принятой 14.05.2014, и п. 2 Постановления Совета Министров ДНР от 02.06.2014 №9–1 «О применении законов на территории Донецкой Народной Республики в переходный период» (со всеми изменениями).
3. Оценка бизнеса [Текст] : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности «Финансы и кредит» / под ред. В. Е. Есипова, Г. А. Маховиковой. – 3-е изд. – Москва [и др.] : Питер, 2010. – 510 с. – (Учебное пособие).
4. Румынина, Л. А. Документационное обеспечение управления [Текст] : учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы СПО / Л. А. Румынина. – 12-е изд., стер. – М. : Академия, 2014. – 285 с. – (Профессиональное образование. Правоведение) (Учебник).
5. Грозова, О. С. Делопроизводство [Текст] : учебное пособие / О. С. Грозова ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Поволжский гос. технологический ун-т». – Йошкар-Ола : ПГТУ, 2015. – 123 с.
6. Организация работы с документами. Делопроизводство на компьютере – Использование шаблонов [Электронный ресурс] // Литература для студента. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://libsib.ru/deloprozvodstvo/organizatsiya-raboti-s-dokumentami-deloprozvodstvo-na-kompiutere/ispolzovanie-shablonov> (дата обращения 10.01.2018). – Загл. с экрана.
7. В Министерстве транспорта Донецкой Народной Республики состоялось второе заседание совета по сертификации [Электронный ресурс] // Донецкая Народная Республика : официальный сайт. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://dnr-online.ru/v-ministerstve-transporta-doneckoj-narodnoj-respubliki-sostoyalos-vtoroe-zasedanie-soveta-po-sertifikacii/> (дата обращения 11.01.2018). – Загл. с экрана.
8. Донецкий научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации. О центре [Электронный ресурс] // ГП «Донецкстандартметрология» : официальный сайт. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://dsm.govdnr.ru/o-centre.html> (дата обращения 11.01.2018). – Загл. с экрана.
9. Донецкая Народная Республика. Глава (2014– , А. В. Захарченко). О применении стандартов на территории Донецкой Народной Республики [Электронный ресурс] : указ Главы Донецкой Народной Республики от 22.11.2016 № 399 // Донецкая Народная Республика : официальный сайт. – Электрон. текстовые дан. – Донецк, 2014–2018. – Режим доступа: [http://old.dnr-online.ru/wp-content/uploads/2016/12/Ukaz\\_N399\\_22112016.pdf](http://old.dnr-online.ru/wp-content/uploads/2016/12/Ukaz_N399_22112016.pdf) (дата обращения: 12.01.2018). – Загл. с экрана.
10. ОК 011–93. Общероссийский классификатор управленческой документации. – М. : ФГУП Стандартинформ : ИПК Изд-во стандартов, 2005 (Тип. Моск. печатник). – 54 с.

*НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ*

**Вестник студенческого научного общества  
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»  
2018. – Вып. 10**

**Том 1  
Естественные и технические науки**

Оригинал-макет подготовлен *М.В. Фоменко*

Подписано в печать 02.04.2018 г.  
Формат 60×84/8. Бумага офисная.  
Печать – цифровая. Усл.-печ. л. 17,6  
Тираж 50 экз. Заказ № 18-\_\_\_\_\_

Издательство ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»  
283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.  
Свидетельство о внесении субъекта  
издательской деятельности в Государственный реестр  
серия ДК № 1854 от 24.06.2004 г.