

ISSN 2223-2966



СОВРЕМЕННАЯ НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

№3-2 2020 (МАРТ)

Учредитель журнала
Общество с ограниченной ответственностью
«НАУЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

Журнал издается с 2011 года.

Редакция:

Главный редактор
А.В. Царегородцев
Выпускающий редактор
Ю.Б. Миндлин

Подписной индекс издания
в каталоге агентства «Пресса России» — 80016
В течение года можно произвести подписку
на журнал непосредственно в редакции.

Издатель:

Общество с ограниченной ответственностью
«Научные технологии»

Адрес редакции и издателя:
109443, Москва, Волгоградский пр-т, 116-1-10
Тел/факс: 8(495) 142 8681
E-mail: redaktor@nauteh.ru
<http://www.nauteh-journal.ru>

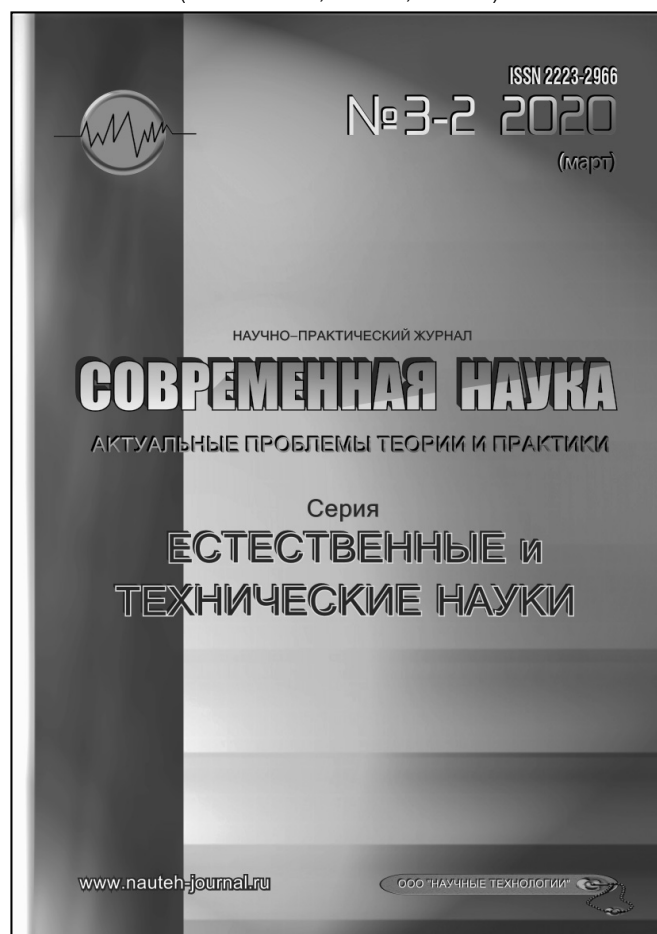
Журнал зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере массовых коммуникаций,
связи и охраны культурного наследия.

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-44912 от 04.05.2011 г.

Научно-практический журнал

Scientific and practical journal

(BAK 05.13.00, 03.02.00, 14.01.00)



В НОМЕРЕ:

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ, ИНФОРМАТИКА,
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
И УПРАВЛЕНИЕ,
КЛИНИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

Авторы статей несут полную ответственность
за точность приведенных сведений, данных и дат.

При перепечатке ссылка на журнал
«Современная наука:
Актуальные проблемы теории и практики» обязательна.

Журнал отпечатан в типографии
ООО «КОПИ-ПРИНТ» тел./факс: (495) 973-8296
Подписано в печать 28.03.2020 г. Формат 84x108 1/16
Печать цифровая Заказ № 0000 Тираж 2000 экз.

ISSN 2223-2966



Редакционный совет

Атаев Алевдин Рашитханович — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

Безруких Марьям Моисеевна — д.б.н., профессор, Институт возрастной физиологии РАО

Бекетов Сергей Валериевич — д.б.н., ФГБНУ НИИ Пушного звероводства и кролиководства имени В. А. Афанасьева

Белых Владимир Иванович — Д.м.н., доцент, Алтайский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации

Грачев Николай Николаевич — доктор высшей степени в области технических наук (DoctorHabilitatus), профессор, Московский государственный институт электроники и математики НИУ ВШЭ (технический университет)

Гусева Анна Ивановна — д.т.н., профессор, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Зубкова Валентина Михайловна — д.б.н., профессор, Российский государственный социальный университет

Каллаев Нажмудин Омаркадиевич — д.м.н., профессор, Дагестанский государственный медицинский университет

Квасов Андрей Иванович — д.т.н., профессор, Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева

Корнеев Андрей Матиславович — д.т.н., профессор, Липецкий государственный технический университет

Корягина Наталья Александровна — д.м.н., доцент, Пермский государственный медицинский университет им. ак. Е. А. Вагнера Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кравец Бронислава Борисовна — д.м.н., профессор, Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко Министерства здравоохранения Российской Федерации

Кулик Сергей Дмитриевич — д.т.н., с.н.с., Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Матвеев Всеволод Борисович — д.м.н., профессор, ФГБУ РОНЦ им. Н. Н. Блохина, член-корреспондент РАН

Надежкин Сергей Михайлович — д.б.н., профессор, Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур Россельхозакадемии

Овезов Алексей Мурадович — д.м.н., доцент, ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского

Олейникова Светлана Александровна — д.т.н., доцент, Воронежский государственный технический университет

Рахимов Ильгизар Ильясович — д.б.н., профессор, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Ромашкова Оксана Николаевна — д.т.н., профессор, Московский городской педагогический университет

Симаков Юрий Георгиевич — д.б.н., профессор, Московский государственный университет им. К. Г. Разумовского (ПКУ)

Симоненков Алексей Павлович — д.м.н., профессор, независимый эксперт

Трапезов Олег Васильевич — д.б.н., в.н.с., ФИЦ «Институт цитологии и генетики СО РАН»

Федорова Оксана Ивановна — д.б.н., доцент, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К. И. Скрябина

Харитонов Михаил Анатольевич — д.м.н., профессор, Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Общая биология

Анзоров В. А., Морякина С. В. — Функциональное состояние дыхательной системы студентов в процессе приспособления к учебе в вузе

Anzorov V., Moryakina S. — Functional status of the respiratory system of students in the process of adapting to study at the university 5

Беккалиева А. К., Феоктистова Н. А., Васильев Д. А. — Изучение некоторых свойств выделенных бактериофагов *Pseudomonas syringae*

Bekkaliyeva A., Vasilyev D., Feoktistova N. — The study of some properties of the isolated bacteriophages of *Pseudomonas syringae* 11

Корниенко В. О., Приходько С. А., Яицкий А. С. — Оценка жизненного состояния древесных насаждений в условиях урбанизированной среды

Kornienko V., Prikhodko S., Yaitsky A. — Life condition evaluation of tree plantings under urban environmental conditions 14

Нагиева С. Э., Караева С. Д., Алыева Б. Н., Ахундова Н. А., Юсифова Я. А. — Видовой состав базидиальных грибов, распространенных в Азербайджане, и оценка их потенциала как продуцентов биологически активных веществ

Nagiyeva S., Karaeva S., Alyeva B., Akhundova N., Yusifova Ya. — The species composition of basidiomycetes spread in Azerbaijan and assessment of their potential as producers of biologically active substances 20

Рыскалиева Б. Ж., Васильев Д. А., Феоктистова Н. А., Ляшенко Е. А. — Применение реакции нарастания титра фагов для обнаружения бактерии мягкой гнили

Ryskaliyeva B., Vasilyev D., Feoktistova N., Lyashenko E. — Application of the reaction of the growth of phages titer for detection of soft rot bacteria 26

Соловьев А. С., Будина А. П., Анащенко Т. А. — Роль укороченной формы белка ARF, продукта гена INK4a/ARF, в активации селективной аутофагии митохондрий – митофагии

Soloviev A., Budina A., Anaschenkova T. — The role of the short form of the ARF protein, a product of the INK4a/ARF gene, in activation of selective mitochondrial autophagy – mitophagy 29

Усольцева П. С., Новоселов А. В., Резайкин А. В., Сергеев А. Г., Алимов А. В. — Влияние нокодазола на кинетику депротенизации вариантов эховируса 11, использующих Arf6-ассоциированный и клатрин-зависимый пути интернализации в культуре клеток RD

Usoltseva P., Novoselov A., Rezaykin A., Sergeev A., Alimov A. — Effects of nocodazole on the kinetics of echovirus 11 variants uncoating after Arf6-associated or clathrin-dependent internalization in RD cells 36

Информатика, вычислительная техника и управление

Бebихов Ю. В., Матул Г. А., Семёнов А. С. — Особенности реализации открытой сетевой архитектуры NET Linx в системе Control Logix

Bebikhov Yu., Matul G., Semenov A. — Features of implementation of the NET Linx open network architecture in the Control Logix system 44

Грачев Н. Н., Андрюхин А. Г. — Построение математических моделей контактных радиопомех при облучении переменного контакта, работающего в нелинейном режиме для решения прикладных задач обеспечения внутрисистемной электромагнитной совместимости на подвижных объектах

Grachev N., Andryukhin A. — Construction of mathematical models of contact radio interference under irradiation of a variable contact operating in a nonlinear mode for solving applied problems of ensuring an intra-system electromagnetic magnetic unit 53

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Груздева Л. М. — Вероятностный метод оценки эффективности адаптивной системы защиты информации корпоративной сети передачи данных | Клиническая медицина |
| <i>Gruzdeva L.</i> — A probabilistic method for evaluating the effectiveness of an adaptive information security system of a corporate network of data transmission 57 | Волков В. Е., Бобоева Ш. Г., Валеуллова Д. К. — Клиническая оценка качества профилактики тромбоемболических осложнений в хирургии |
| Клячин В. А., Перетьяко Н. О. — Определение пространственной ориентации объектов по их изображениям на основе нейронных сетей | <i>Volkov V., Boboeva Sh., Valeullova D.</i> — Clinical assessment of the quality of prevention of thromboembolic complications in surgery 86 |
| <i>Klyachin V., Peretyat'ko N.</i> — Determination of the spatial orientation of objects from their images based on neural networks 61 | Гаманова Н. В., Маврина В. В. — Радиохирургический метод лечения доброкачественных опухолей ЧЛО |
| Мархакшинов А. Л., Макшанова Л. М., Цыбикова Т. С. — Исследование распределения сейсмолокационных наблюдений | <i>Gamanova N., Mavrina V.</i> — Radiosurgical method of treatment of beneficial tumors 90 |
| <i>Marhakshinov A., Makshanova L., Tsybikova T.</i> — Survey of the seismolocation measurements' distribution 69 | Камаева Т. А. — Диагностика патологии эндометрия при подготовке к процедуре ЭКО |
| Мясников А. Г. — Особенности использования BIM-моделей в строительных процессах | <i>Kamaeva T.</i> — Diagnosis of endometrial pathology in preparation for IVF procedure 93 |
| <i>Myasnikov A.</i> — Features of using BIM models in construction processes 73 | Кочергин В. Н. — Сравнительный анализ состава слюны и основных характеристик ротовой полости пациентов с кариесом и природной санацией |
| Савинов С. В. — Особенности оперативно-календарного планирования мелкосерийного-производства | <i>Kochergin V.</i> — Comparative analysis of the composition of salivary and main characteristics of the oral cavity of patients with caries and natural sanitation 97 |
| <i>Savinov S.</i> — Features of operational and calendar planning of small-scale production 78 | Яцук А. В., Сиволапов К. А. — Необходимость оценки качества жизни больных с хроническими заболеваниями ВНЧС |
| Юркин В. А., Сараджишвили С. Э. — Построение пользовательского интерфейса с использованием интерактивного машинного обучения | <i>Yatsuk A., Sivolapov K.</i> — Need for assessing the quality of life of patients with chronic diseases of TMJ 103 |
| <i>Yurkin V., Saradgishvili S.</i> — User interface designing with using interactive machine learning 83 | Информация |
| | Наши авторы. Our Authors 107 |
| | Требования к оформлению рукописей и статей для публикации в журнале 109 |

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СТУДЕНТОК В ПРОЦЕССЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К УЧЕБЕ В ВУЗЕ

FUNCTIONAL STATUS OF THE RESPIRATORY SYSTEM OF STUDENTS IN THE PROCESS OF ADAPTING TO STUDY AT THE UNIVERSITY

**V. Anzorov
S. Moryakina**

Summary. The work is devoted to the study of the functional state of the respiratory system of students in the process of their adaptation to study at a higher educational institution. The data of studies indicate that the indicators of the functional state of the respiratory system in the process of adapting students to study at the university do not undergo significant changes.

Keywords: study, student, adaptation, lungs, body weight..

Анзоров Ваха Асхадович

Д.б.н., профессор, Чеченский государственный университет
vaha-anzorov@mail.ru

Морякина Светлана Васильевна

К.б.н., доцент, Чеченский государственный университет
s.moriakina@yandex.ru

Аннотация. Работа посвящена изучению функционального состояния системы дыхания студенток в процессе их адаптации к учебе в высшем учебном заведении. Данные исследований свидетельствуют о том, что показатели функционального состояния дыхательной системы в процессе приспособления студенток к учебе в ВУЗе к значительным изменениям не подвергаются.

Ключевые слова: учеба, студент, адаптация, легкие, масса тела.

Актуальность

Под адаптацией подразумевается приспособление, которое необходимо для благоприятной жизнедеятельности организма в окружающих условиях и нахождение равновесия с ними. Начало учебы в ВУЗе, сопровождается изменением условий жизни у значительного числа студентов. К ним относятся, в первую очередь, условия ВУЗовской образовательной деятельности.

Процесс учебы студента в высшем учебном заведении требует от него принятия существующих в ВУЗах форм и методов обучения, режима работы, сна и питания, а также, возможно, и новых климатических условий. Вследствие перевода ВУЗов на интенсивные методы обучения произошло повышение функциональной активности и напряжения систем организма подростка только, что вышедшего из школы.

Учеба в высшем образовательном учреждении — это сложный и длительный процесс, предъявляющий к состоянию систем организма и к здоровью обучающегося высокие требования.

Приспособление к учебе в ВУЗе в последние годы по результатам исследований привело к ухудшению состояния систем организма студента. Такие особенности учебной деятельности студента, как высокая нагрузка, увеличение эмоционального и психического напряже-

ния и гиподинамия не только осложняют процесс приспособления, но и являются сдерживающими его развитие факторами. Процесс приспособления на каждом курсе протекает своеобразно. Высокие умственные нагрузки требуют освоения культуры умственного труда. Особенно актуальна эта проблема в первые годы учебы в связи с острой нехваткой времени.

В настоящее время у 30% студентов первого курса выявлены нарушения в здоровье. Установлено увеличение количества студентов с нарушениями сердечно-сосудистой, дыхательной систем и желудочно-кишечного тракта. Значительный рост информации, подлежащей к запоминанию и увеличение его сложности, перегружает студента. И поэтому эмоциональная нагрузка, приходящая на него значительно выше, чем на представителей, занимающихся другими видами деятельности.

Также снижение двигательной активности, которая уменьшает мышечную нагрузку — один из значимых аспектов приспособления.

Гиподинамия ослабляет сердечную и дыхательную деятельность, вызывает склероз сосудов, снижает артериальное давление.

По результатам своих исследований Т.Н. Семенкова с соавторами [12] считают, что результативность в умственной деятельности, а значить и успешность в учебе зависит от условий учебы. Как сообщалось выше они,

оказывают влияние и на состояние функциональных систем организма.

Исходя из того, что функционирование систем организма осуществляют адаптацию к условиям жизнедеятельности, в том числе и к учебе, а снабжение организма кислородом обеспечивается благодаря деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем, соответственно условия учебного процесса оказывают влияние на них.

Важными показателями процесса приспособления студента к учебной деятельности являются состояние его здоровья, уровень умственной работоспособности и успеваемость.

Длительная умственная нагрузка в условиях гиподинамии сопровождается нарушением деятельности сердечно-сосудистой, респираторной систем, мозговых структур и других вегетативных функций. Приспособительные реакции начинаются с системы кровообращения и дыхания, что осуществляет переход функциональных систем на соответствующий уровень реагирования.

Проблема приспособления студентов к учебному процессу в высшем учебном заведении приобрела особую важность из-за ее воздействия на состояние здоровья обучающегося. Благодаря чему выявление изменений, происходящих со стороны жизненно важных систем организма в процессе приспособления к учебе в ВУЗе, является значимым.

Учитывая, что усиленная и возбуждающая учебная работа приводит к нарушению нормального ритма дыхания, а это уменьшает насыщаемость крови кислородом на 80%, изучение функционального состояния системы дыхания при адаптации к учебной деятельности является важным.

Материал и методика исследований

Для выявления функционального состояния дыхательной системы девушек при их адаптации к учебной деятельности в ВУЗе мы провели исследования.

Экспериментальный материал набран с использованием лабораторного оборудования кафедры физиологии и анатомии человека и животных. Для исследований использовали 40 студенток очного обучения биолого-химического факультета. Все они были клинически здоровы. Возраст их колебался от 18 лет до 21 года. По принципу аналогов (курс учебы) их разделили на четыре группы. Каждая группа состояла их десяти студенток.

Оценка функционального состояния дыхательной системы производилось с использованием следующих показателей: частоты дыхания; легочных объемов; расчетных показателей.

Для определения параметров внешнего дыхания использовали спирограф «Диамант».

Для реализации поставленных задач производилась оценка следующих показателей:

- ◆ жизненной емкости легких (ЖЕЛ) в л;
- ◆ должной жизненной емкости легких (ДЖЕЛ) в л;
 $ДЖЕЛм = 2,6 \cdot ДОО$; $ДЖЕЛж = 2,3 \cdot ДОО$, где ДОО — должный основной обмен, ккал; 2,6 и 2,3 — коэффициенты расчета ДЖЕЛ у мужчин и женщин;
- ◆ должного основного обмена (ДОО) в ккал;

расчет ДОО производился по формулам Гарриссона-Бенедикта:

$$ДООм = 13,75 \cdot m + 5 \cdot P - 6,75 \cdot KB + 66,47;$$

$$ДООж = 9,56 \cdot m + 1,85 \cdot P + 4,67 \cdot KB + 65,09,$$

где ДООм — должный основной обмен у мужчин, ккал; ДООж — должный основной обмен у женщин, ккал; m — масса тела, кг; P — длина тела, см; KB — календарный возраст, лет;

- ◆ в связи с тем, что индивидуальные значения ЖЕЛ варьируют в широких пределах, вычисляли процентное отношение по формуле:
 $(ЖЕЛ : ДЖЕЛ) \cdot 100\%$;
- ◆ для оценки реакций дыхательной системы использовали жизненный индекс (ЖИ) в мл/кг: $ЖИ = ЖЕЛ / МТ$, где $МТ$ — масса тела, кг;
- ◆ для оценки функциональных возможностей органов дыхания использовали спирометрический показатель СП в мл/см: $СП = ЖЕЛ / P$;
- ◆ определение переносимости организмом дефицита кислорода осуществляли при помощи проб Штанге и Генчи в с.

Статистическая обработка экспериментальных данных производилось с использованием компьютерной программы «Биостатистика».

Результаты исследований и их обсуждение

Так, как физическое развитие организма определяет состояние системы дыхания, мы решили привести показатели его. Данные наших исследований показали, что в старших курсах выше процент девушек, соответствующих нормальному развитию. Если среди студенток 1-го и 2-го курса с дефицитом массы тела выявлено 50 и 20%, с лишним весом — 40 и 80% и с нормальным развитием 10 и 0%, то 3-го и 4-го 30 и 40%; 30 и 30%; 40 и 30% соответственно.

Таблица 1. Показатели физического развития студенток в процессе приспособления к учебе в ВУЗе

| Группы по курсу обучения | Показатели | | |
|--------------------------|-----------------|------------|-----------------|
| | Возраст в годах | Рост в см | Масса тела в кг |
| 1-ый | 18,7±0,15 | 161,9±1,62 | 64,0±1,25 |
| 2-ой | 19,2±0,20 | 162,0±1,54 | 65,4±1,83 |
| 3-ий | 19,8±0,25 | 162,6±1,61 | 62,1±1,66 |
| 4-ый | 20,6±0,22 | 166,2±2,19 | 66,2±1,79 |

Таблица 2. Динамика показателей функционального состояния дыхательной системы студенток в процессе приспособления к учебному процессу

| Показатели | Курс | | | |
|--------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1-ый | 2-ой | 3-ий | 4-ый |
| Жизненная емкость легких (ЖЕЛ), л | 2,7±0,15 | 2,9±0,18 | 3,0±0,20 | 3,1±0,13 |
| Должная жизненная емкость легких (ДЖЕЛ), л | 2,4±0,09 | 2,5±0,05 | 2,4±0,04 | 2,5±0,04 |
| Должный основной обмен (ДОО), ккал | 1064±12,8 | 1080±20,2 | 1052±18,9 | 1102±19,6 |
| Процент ЖЕЛ от ДЖЕЛ | 110±6,1 | 118±8,0 | 123±8,1 | 121±5,6 |
| Жизненный индекс (ЖИ), мл/кг | 42±2,3 | 45±3,2 | 47±2,6 | 46±2,3 |
| Спирометрический показатель (СП), мл/см | 17±0,9 | 18±1,2 | 18±1,1 | 18±0,8 |
| Проба Штанге, с | 29±3,0 | 34±3,5 | 36±2,6 | 38±2,9 |
| Проба Генчи, с | 25±1,9 | 26±1,8 | 28±2,0 | 30±1,8 |

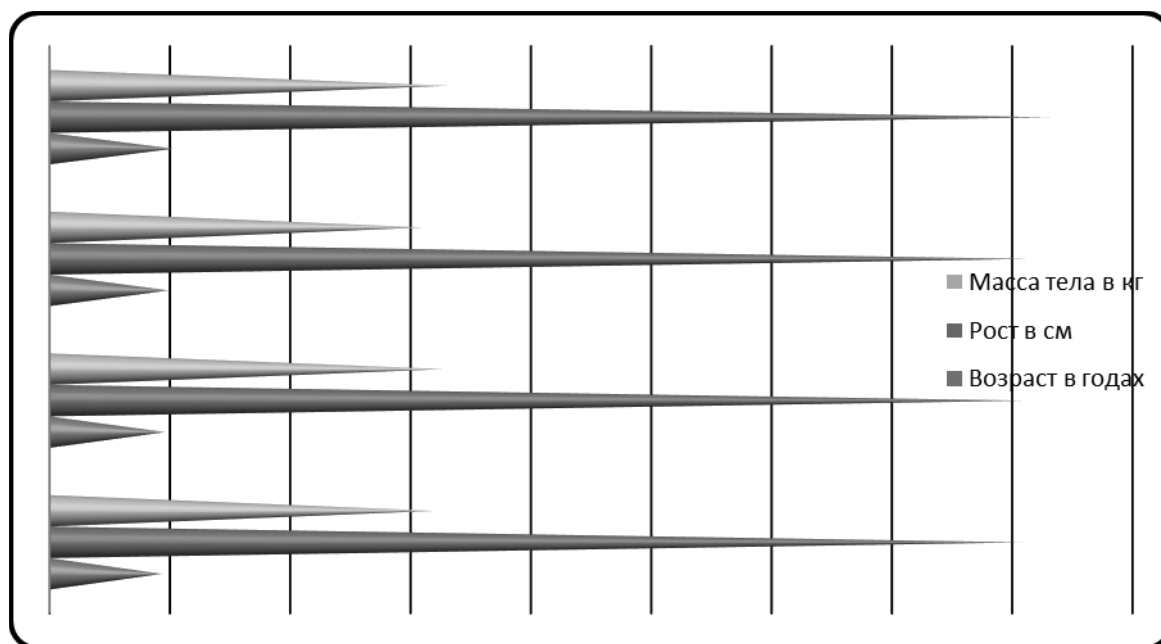


Рис. 1. Возраст, рост и масса тела студенток

Средние показатели физического развития студенток разных курсов представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Из них видно, что в период учебной деятельности к существенным изменениям они не подвергаются. Однако масса тела студенток начальных двух курсов не-

значительно выше физиологической нормы, а старших находится в пределах нормы. Результаты аналогичные нашим были получены и другими исследователями. Установлено, что среди студенток первого курса 10% имеют недостаточную массу тела, а 15 — избыточную [12].

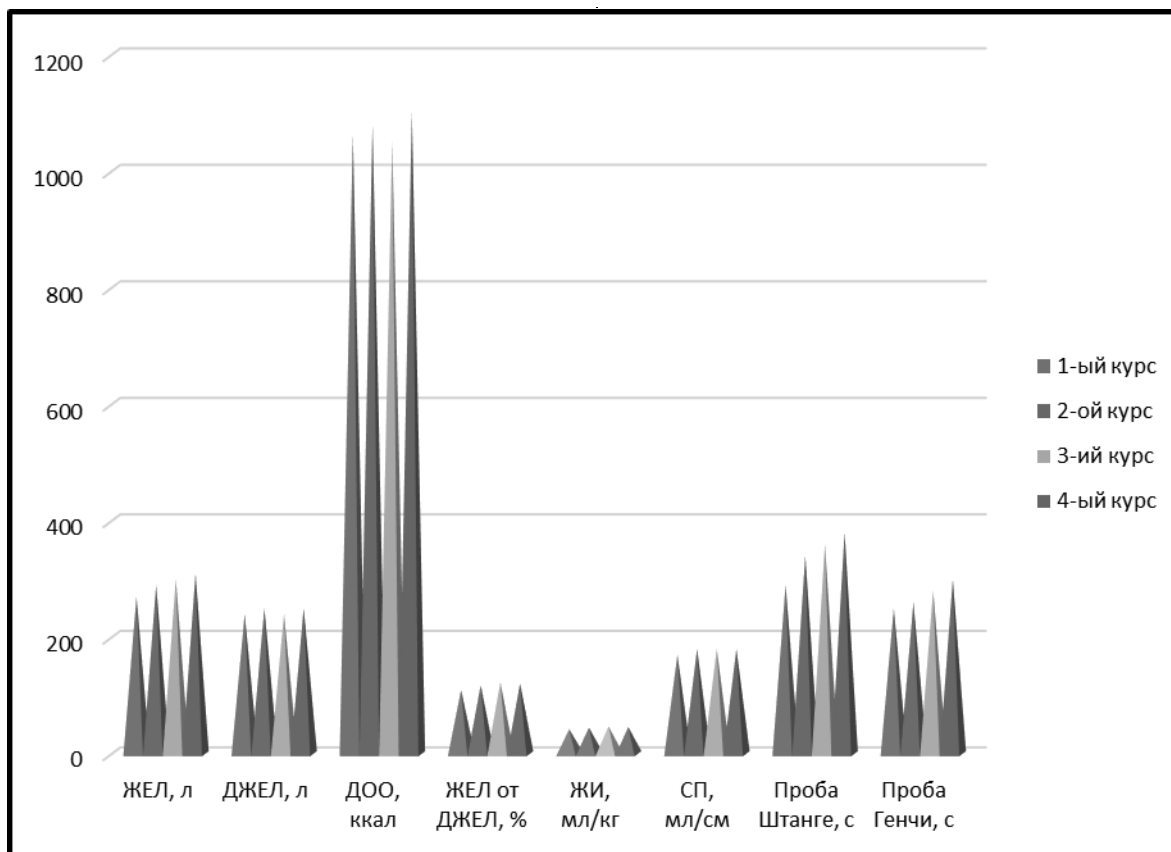


Рис. 2. Функциональное состояние дыхательной системы студенток разных курсов

Александрова А.А. с соавторами [1] сообщают, что у студентов выявлены избыточный вес тела и гипертония.

Результаты исследований Г.В. Ускова [15] свидетельствуют о том, что 5–6% студентов имеют вес тела выше нормы, что отрицательно сказывается на их функциональных возможностях. Изменение средних величин функционального состояния дыхательной системы девушек в процессе их учебной деятельности приведено в таблице 2 и на рисунке 2.

Представленные данные показывают, что за период учебы в ВУЗе они к значительным изменениям не подвергаются. Тем не менее, остановимся на динамике полученных нами результатов. Среднее значение жизненной емкости легких имеет тенденцию к постепенному росту в процессе учебы и в тоже время не выходит за границы нормы.

Увеличение ее у студенток 2-го, 3-го и 4-го курсов составило 0,2; 0,3 и 0,4 литра, чем 1-го. Очевидно, эти изменения носят возрастной характер.

Также возможно, что прирост ЖЕЛ у девушек вызван усилением функциональной деятельности симпатиче-

ской ветки вегетативной нервной системы. Установлено преобладание возбудимости блуждающего нерва у юношей в возрасте 20–22 года, а у сверстниц симпатического [8].

Уровень средних показателей должной жизненной емкости легких ниже фактических. Вероятно, это связано с погрешностями выбранного метода расчета ДЖЕЛ. Размах величин между группами по показателю составил всего лишь 0,1 л. За период учебы студенток значения должного основного обмена значительно не изменяются, хотя подвергаются к колебаниям в обе стороны. Во второй год обучения увеличивается на 16 ккал, в третий снижается на 12, а в четвертый вновь растет на 38 по сравнению с первым.

Отношение ЖЕЛ к ДЖЕЛ у девушек 1-го и 2-го курсов соответствует норме, а 3-го и 4-го превышает на 3 и 1%. Этот показатель с 1-го по 3-й год учебы имеет тенденцию к незначительному росту (прирост составил 13%), а затем снижается на 2%, оставаясь выше значений начальных двух курсов. Полученные нами результаты по величине жизненного индекса ниже нормы, хотя в старших курсах он приближается к норме. Увеличение его к четвертому курсу составило 4 мл/кг по сравнению с первым

(42 мл/кг). Изменения в уровне этого показателя не являются существенными. Средняя величина спирометрического показателя по всем подопытным группам находится в пределах нормы. Ко второму курсу он повышается на 0,1 мл/см и на этом уровне сохраняется до окончания ВУЗа.

Время задержки дыхания по группе девушек 1-го года учебы ниже нижней границы нормы, однако, она увеличивается за время учебы. Прирост ее по курсам со 2-го по 4-й составил 5; 7 и 9 с, против первого 29 с.

Средние значения пробы Генчи по группам обследованных студенток находятся в пределах физиологической нормы. Величина пробы имеет тенденцию к постепенному увеличению, хотя эти изменения не являются значительными. Удлинение времени задержки дыхания на выдохе составило во втором году 1 с, третьем — 3 и четвертом — 5.

Уровень показателей функционального состояния дыхательной системы студенток в процессе их учебы в ВУЗе полученный нами либо соответствует нижним показателям нормы, либо ниже их. Очевидно, это связано с недостаточным физическим здоровьем подопытных студенток.

Особенность образа жизни современного студента состоит в постоянном росте психических и эмоциональных нагрузок, следствием чего является ограничение мышечной работы. Оценка литературных данных и результаты собственных исследований показывают, что недостаточная двигательная активность в комплексе со стрессами различного происхождения негативно влияют на успешность в учебе, приспособительные возможности, физическое и психическое развитие [3].

Литературные данные о функциональном состоянии этой системы в процессе приспособления молодежи к учебе в ВУЗе противоречивы. По-видимому, это связано с различным состоянием физического здоровья использованных для исследований студентов.

По утверждению [6] студенты младших курсов имеют низкий уровень показателей респираторной системы.

По результатам своих исследований Л. А. Проскуряковой, Е. Н. Лобыкиной [9] выявлено снижение функциональных возможностей респираторной системы студентов в процессе учебы.

В показателях адаптации студентов к учебе респираторной системы преобладают неудовлетворительные и удовлетворительные результаты [11].

Значение жизненного индекса у мужчин составило 66,1, а у женщин — 56,4. Среднее время задержки дыхания на вдохе составило у юношей 57,2 с и 37,2 с у девушек, а на выдохе 45,2 и 30,3 с соответственно [4].

По результатам исследований в процессе приспособления студентов к учебе в ВУЗе было установлено, что время задержки дыхания с первого по третий семестр увеличивается с 68,8 с до 77,6 с, а выдоха имеет тенденцию к незначительному росту с первого по четвертый семестр 38,3; 38,4; 41,0 и 41,2 с [7]. Ожирение или дефицит массы тела приводит к расстройству процесса адаптации к учебе вследствие чего, происходит ухудшение показателей функционального состояния дыхательной системы [2].

Есть литературные данные [10] в соответствии с которыми состояние физического здоровья и уровень физической подготовленности студентов находятся на недостаточном уровне. Это в свою очередь приводит к напряжению всех систем организма обучающихся. Значит низкий уровень физической подготовленности студентов снижает их приспособительные возможности. Привлекают к себе внимание данные В. Н. Соловьева [13] связанные с тем, что студенты с большей двигательной активностью легче приспосабливаются к новым условиям жизнедеятельности, чем находящиеся на обычном режиме.

Это значит, что уровень адаптационных резервов дыхательной системы тем выше, чем больше двигательная активность студента. Основной причиной вызывающей снижение двигательной активности организма студента является рост умственной нагрузки. Известно, что у подростков с увеличением двигательного режима снижается напряжение приспособительных механизмов, повышаются приспособительные резервы системы дыхания [14].

У студентов даже к выпускному курсу не происходит полного завершения процесса адаптации, сообщает Е. А. Захарина [5].

Таким образом, процесс приспособления студенток к учебной деятельности в ВУЗе не приводит к существенным изменениям показателей функционального состояния дыхательной системы.

Выводы

- ◆ В процессе адаптации студенток к учебной деятельности в ВУЗе происходит постепенное увеличение ЖЕЛ, достигая максимальной величины — 3,1 л к четвертому курсу;
- ◆ Разница между максимальными и минимальными значениями ДЖЕЛ между группами составила 0,1 л;

- ◆ Средняя величина ДОО за период учебы девушек подвергается к колебаниям в обе стороны, однако они не существенны;
- ◆ Процент ЖЕЛ от ДЖЕЛ незначительно (13%) повышается к 3-му году учебы, а к последнему падает на 2%, однако эта величина выше, чем в 1-м и 2-м курсе;
- ◆ Средние показатели по жизненному индексу между группами достоверных отличий не имеют, хотя они и ниже нормы. В процессе приспособления к учебе он постепенно приближается к норме;
- ◆ Уровень спирометрического показателя за время учебы студенток к изменениям не подвергается, более того он находится в рамках нормы;
- ◆ Проба Штанге в процессе приспособления девушек к учебной деятельности имеет тенденцию к незначительному и постепенному удлинению;
- ◆ Время задержки дыхания у девушек 4-го курса длиннее на 5 с, чем первого. Величина пробы по всем группам укладывается в норму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А.А., Розанов В.Б., Иванова Е.И. и др. Распространенность факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний среди школьников 11–14 лет // Профилактическая медицина. 2010. № 4. С. 22–26.
2. Артеменко А.А. Концепция оптимизации функционального состояния и повышения адаптационных возможностей человека: дис. ... : док. биол. наук. Череповец: Черепов. гос. ун-т, 2015. 368 с.
3. Блинова О.А. Процесс музыкальной психотерапии: систематизация и описание основных форм работы // Психологический журнал. 1998. № 3. С. 106.
4. Дубинина В.В. и др. Состояние функционального здоровья современного студента-выпускника медицинского ВУЗа // Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 8–2. С. 20–21.
5. Захарина Е.А. Анализ физического здоровья студентов классического частного университета // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2009. № 7. С. 61–64.
6. Королев В.Г., Бардушкин В.В. Физическая подготовленность студентов-юношей младших курсов и ее динамика в процессе обучения в техническом университете // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2011. № 1. С. 58–62.
7. Милютин С.Г. и др. Динамика показателей физиологического уровня функционального состояния организма студентов медицинского колледжа в процессе адаптации к обучению // Научное обозрение. Медицинские науки. 2014. № 2. С. 63–64.
8. Нифонтова О.Л., Насруллаев Р.К. Оценка функционального состояния вегетативной нервной системы студентов северного педагогического ВУЗа // Образование и здоровье. Экономические, медицинские и социальные проблемы. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2010. С. 79–81.
9. Проскуракова Л.А., Лобыкина Е.Н. Научное обоснование разработки программы по формированию здорового образа жизни и профилактике неинфекционных заболеваний в период профессионального обучения студентов // Здоровье населения и среда обитания. 2012. № 11 (236). С. 14–16.
10. Пушкарева И.Н., Кумсков С.В., Новоселов С.А. Адаптация студентов к учебному процессу в системе современного высшего образования // Теория и практика физической культуры. 2010. № 3. С. 55–57.
11. Рослякова Е.М., Алипбекова А.С., Игибаева А.С. Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы студентов в условиях адаптации к обучению в ВУЗе в зависимости от вегетативного статуса // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 5–2. С. 252–256.
12. Семенкова Т.Н., Касаткина Н.Э., Казин Э.М. Факторы «риска», влияющие на здоровье обучающихся в процессе обучения // Вестник Кемеровского государственного университета. 2011. № 2. С. 98–106.
13. Соловьев В.Н. Умственная и физическая работоспособность студентов как фактор адаптации к учебному процессу // Успехи современного естествознания. 2004. № 8. С. 69–72.
14. Соловьев В.Н. Физическое здоровье как интегральный показатель уровня адаптации организма студентов к учебному процессу // Фундаментальные исследования. 2005. № 6. С. 61–66.
15. Усков Г.В. Динамика состояния физического здоровья студентов с различными режимами двигательной активности в период обучения в ВУЗе и коррекция модифицируемых факторов риска развития заболеваний: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Курган, 2005. 46 с.

© Анзоров Ваха Асхадович (vaha-anzorov@mail.ru), Морякина Светлана Васильевна (s.moriakina@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ИЗУЧЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ВЫДЕЛЕННЫХ БАКТЕРИОФАГОВ PSEUDOMONAS SYRINGAE¹

THE STUDY OF SOME PROPERTIES OF THE ISOLATED BACTERIOPHAGES OF PSEUDOMONAS SYRINGAE

**A. Bekkaliyeva
N. Feoktistova
D. Vasilyev**

Summary. The article showed the results of a study of bacteriophages of *Pseudomonas syringae*. The optimal ratio was found to be 1: 1, i.e. 0.2 ml of phage per 0.2 ml of indicator culture. The passage time is from 3.5 hours to 5 hours of incubation at a temperature of 28 ± 2 °C. Bacteriophages isolated and selected by us showed different sensitivity to the effects of temperature in the range of 58–62 °C for 30 minutes. We found that all bacteriophages are resistant to chloroform for more than 70 minutes.

Keywords: bacteriophage, *Pseudomonas syringae*, resistance, passage.

Беккалиева Айдын Канатовна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ имени

П. А. Столыпина»

aidyn_kanatovna@mail.ru

Феоктистова Наталья Александровна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ имени

П. А. Столыпина»

feokna@yandex.ru

Васильев Дмитрий Аркадьевич

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Ульяновский ГАУ имени

П. А. Столыпина»

dav_ul@mail.ru

Аннотация. В статье были показаны результаты исследования бактериофагов *Pseudomonas syringae*. Было установлено оптимальное соотношение — 1:1, т.е. 0,2 мл фага на 0,2 мл индикаторной культуры. Время пассажа — от 3,5 часов до 5 часов инкубирования при температуре 28 ± 2 °C. Выделенные и селекционированные нами бактериофаги показали разную чувствительность к воздействию температуры в диапазоне 58–62 °C в течение 30 минут. Нами было установлено что все бактериофаги устойчивы к воздействию хлороформа больше 70 минут.

Ключевые слова: бактериофаг, *Pseudomonas syringae*, устойчивость, пассаж.

С середины прошлого столетия бактериофагов стали широко использовать для диагностики различных бактериальных инфекции. На данный момент многие исследователи проявляют все больше интереса и используют на практике бактериофагов позволяющих дифференцировать возбудителей бактериальных видов [1,2,3,4]

Бактериофаги повсюду и распространены в разных экосистемах. Для бактерий, живущих в или на растениях-хозяевах, фаги также могут оказывать значительное влияние на взаимодействие растительных бактерий. Потенциальные механизмы, формирующие это взаимодействие, включают лизирование бактериальных клеток, горизонтальный перенос генов между бактериальными геномами и изменение бактериального фенотипа [5, 6]. Эволюция устойчивости к паразитам является фунда-

ментально важной для экологии болезней, однако мы по-прежнему не можем предсказать, когда и как будет развиваться резистентность [7, 8]. Это в значительной степени обусловлено контекстно-зависимым характером взаимодействия хозяина с паразитом, поскольку польза от устойчивости будет зависеть от абиотической и биотической среды. Таким образом, это зависящее от контекста преимущество устойчивости к фагам привело к различным эволюционным результатам в разных средах. Эти результаты подчеркивают важность изучения эволюции устойчивости к паразитам в экологически значимых средах [9, 10, 11].

Цель исследований

Изучение некоторых биологических свойств выделенных бактериофагов *Pseudomonas syringae*.

¹ Исследования проводятся при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект «Фундаментальные основы разработки фагового препарата, специфичного для *Pseudomonas syringae*, и прикладные аспекты его применения для фагоидентификации и биопротессинга пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья» № 19–44–730014

Объекты и методы исследований

Для исследования мы использовали штамм бактерии *Pseudomonas syringae B-10917* (полученный из коллекции БРЦ ВКПМ НИЦ «Курчатовский институт» — ГосНИИ-генетика) и штамм *Ps.s № 3* (полученный из коллекции музея кафедры «МВЭиВСЭ» Ульяновского ГАУ). Питательный бульон для культивирования микроорганизмов сухой ((ГРМ-бульон) г. Оболensk Московская область Серпуховской район), Трихлорметан стабилизированный 0,6–1% этанола (хлороформ) ч.д.а. ТУ 2631–066–44493179–01. Бактериофаги вида *Pseudomonas syringae*: Ps.s-1 УлГАУ, Ps.s-7 УлГАУ, Ps.s-8 УлГАУ, Ps.s-13 УлГАУ, Ps.s-15 УлГАУ, Ps.s-27 УлГАУ, Ps.s-30 УлГАУ, Ps.s-77 УлГАУ.

Изучение биологических свойств фагов проводили по методам В. Я. Ганюшкина, Э. Каттер, Д. А. Васильева [2].

Литическую активность определяли по методам Грация и Аппельману [12]. Статистическую обработку результатов исследований проводили с помощью пакета программ Statistica Desktop 13 Russian (for Windows; StatSoft Russia (TIBCO USA), Microsoft Excel 2010).

Результаты исследований

Все выделенные бактериофаги хранятся в виде фаголизата бульонной культуры в закупоренных стеклянных флаконах или в пробирках с резиновой пробкой при температуре 2–4°C. Они представляют собой прозрачную жидкость соломенно-желтого цвета. В результате исследований мы определили оптимальное соотношение бактериофага и индикаторного штамма. Для подбора оптимального соотношения применили следующие варианты: 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 и 1:5. Было установлено соотношение 1:1 (0,2 мл бактериофага на 0,2 мл индикаторной культуры) самым оптимальным.

Литическая активность изучаемых бактериофагов бактерий *Pseudomonas syringae* составила по Аппельману от 10^{-4} до 10^{-8} ; по Грация от $1,0 \pm 0,1 \cdot 10^6$ до $2,0 \pm 0,1 \cdot 10^9$ (БОЕ/мл). Литическую активность бактериофагов *Pseudomonas syringae* по Аппельману и по Грация мы проверяли каждые три месяца. Эмпирическим методом выяснилось что бактериофаги: Ps.s-7 УлГАУ, Ps.s-27 УлГАУ не изменяют свою литическую активность через год хранения. А у бактериофагов: Ps.s-1 УлГАУ, Ps.s-8, Ps.s-13 УлГАУ, Ps.s-15 УлГАУ, Ps.s-30 УлГАУ, Ps.s-77 УлГАУ при хранении 2–4°C после 12 месяцев литическая активность незначительно снизилась на 2 титра.

Были изучены устойчивость к высоким температурам выделенных бактериофагов и индикаторных штаммов в диапазоне 40–64°C. Индикаторные культуры и бактериофаги прогревали в течение 30 минут на водяной

бане. После прогревания бактериальные штаммы сеяли на чашки с МПА, оставляли в термостате на сутки при оптимальной температуре (28°C). Устойчивость бактериофагов к воздействию высоких температур после прогревания определяли методом стекающей капли на наличие лизиса. Экспериментальным путем установлено что штаммы индикаторных культур инактивируются при 44 градусах, а бактериофаги более устойчивы к высоким температурам. Выделенные нами бактериофаги инактивируются следующим образом: Ps.s-27 УлГАУ при 58°C; Ps.s-1 УлГАУ Ps.s-8, УлГАУ, Ps.s-15 УлГАУ, Ps.s-30 УлГАУ, Ps.s-77 УлГАУ при 60°C; Ps.s-7 УлГАУ, Ps.s-13 УлГАУ при 62°C. Устойчивость к высоким температурам бактериофагов *Pseudomonas syringae* средне статистическое $60 \pm 2^\circ\text{C}$.

В ходе исследования мы определили чувствительность бактериофагов и индикаторных штаммов к воздействию хлороформа. Для определения мы брали соотношение фага, штамм культуры и хлороформа 1:10, время экспозиции от 5 минут до 70 минут с интервалом времени 5 минут. Пробирки с опытом встряхивали и отстаивали в течение 1/5 временного интервала воздействия, после отбирали надосадочную жидкость и высевали обработанный бактериофаг на МПА методом «дорожки». С индикаторными штаммами ход работы был такой же как и с бактериофагами, только после обработки высевали на чашках с МПА. Посевы культивировали в условиях термостата в течение 24 часов при температуре $28 \pm 2^\circ\text{C}$. Наличие зоны лизиса в виде «дорожки» свидетельствует об устойчивости фагов к воздействию хлороформа.

Нами было установлено что бактериофаги *Pseudomonas syringae* не выдерживают температуры больше 62°C. Зона лизиса в дорожках температуры выше 56°C слабее.

В экспериментах также определено, что вегетативные формы индикаторных культур *Pseudomonas syringae* не выдерживают воздействие хлороформа при временной экспозиции 5–70 минут. Установлено, что бактериофаги *Pseudomonas syringae* устойчивы к воздействию хлороформа. В свою очередь бактериальные культуры не выдерживают воздействия хлороформа больше 5 минут. Этот метод для нас является самым оптимальным.

Заключение

В результате исследований мы подобрали оптимальное соотношение — 1:1, т.е. 0,2 мл фага на 0,2 мл индикаторной культуры. Время пассажа — от 3,5 часов до 5 часов инкубирования при температуре $28 \pm 2^\circ\text{C}$. Выделенные и селекционированные нами бактериофаги показали разную чувствительность к воздействию темпе-

ратуры в диапазоне 58–62 °С в течение 30 минут. Нами было установлено что все бактериофаги устойчивы к воздействию хлороформа больше 70 минут. Индикаторные штаммы неустойчивы к хлороформу, микробные клетки инактивируются в течение 5 минут. Эмпирическим путем установлено, что применение хлороформа

при очистке от микробных клеток наиболее предпочтительно. Полученные результаты свидетельствуют, что изучаемые бактериофаги, строго специфичны в пределах вида *Pseudomonas syringae* и, в перспективе, могут входить в состав биопрепарата для его индикации и идентификации бактерии вида *Pseudomonas syringae*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лыдина М. А. и др. Бактериофаги рода *Proteus*: биологические свойства и практическое применение // Достижения молодых ученых в ветеринарную практику. — 2016. — С. 125–133
2. Васильев Д. А. Антология научно-методических материалов по изучению бактериофагов. / Васильев Д. А., Золотухин С. Н. — Ульяновск, УГСХА; 2017. — С. 2011
3. Diard M. et al. Inflammation boosts bacteriophage transfer between *Salmonella* spp // *Science*. — 2017. — Т. 355. — № . 6330. — С. 1211–1215
4. Rauch B. J. et al. Inhibition of CRISPR-Cas9 with bacteriophage proteins // *Cell*. — 2017. — Т. 168. — № . 1–2. — С. 150–158. e10
5. Koskella B., & Taylor, T. B. (2015): The potential role of bacteriophages in shaping plant-bacterial interactions. *Bacteria-Plant Interactions: Advanced Research and Future Trends*, 199–220.
6. Kandel P., & Hockett, K. (2019): Evidence of physiological tolerance and heterogenous resistance to a phage-tail like bacteriocin in *Pseudomonas syringae*. *Plant Health* 2019
7. Koskella, B., & Taylor, T. B. (2018): Multifaceted impacts of bacteriophages in the plant microbiome. *Annual review of phytopathology*.
8. Atanasova, N. S., Senčilo, A., Pietilä, M. K., Roine, E., Oksanen, H. M., & Bamford, D. H. (2015): Comparison of lipid-containing bacterial and archaeal viruses. In *Advances in virus research* (Vol. 92, pp. 1–61). Academic Press.
9. De Smet, J., Hendrix, H., Blasdel, B. G., Danis-Wlodarczyk, K., & Lavigne, R. (2017): *Pseudomonas* predators: Understanding and exploiting phage–host interactions. *Nature Reviews Microbiology*, 15(9):517.
10. Hernandez, C. A., & Koskella, B. (2019): Phage resistance evolution in vitro is not reflective of in vivo outcome in a plant-bacteria-phage system. *Evolution*.
11. Park, J., Lim, J. A., Yu, J. G., & Oh, C. S. (2018): Genomic Features and Lytic Activity of the Bacteriophage PPPL-1 Effective against *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, a Cause of Bacterial Canker in Kiwifruit. *Journal of microbiology and biotechnology*, 28(9):1542–1546
12. Васильев Д. А. Выделение бактериофагов бактерий *Pseudomonas putida* и их селекция в целях создания биопрепарата для диагностики псевдомоназа рыб. / Васильев Д. А., Викторов Д. А., Богданов И. И. // *Естественные и технические науки*. 2011, № 2 (52). — С. 79–82

© Беккалиева Айдын Канатовна (aidyn_kanatovna@mail.ru),

Феоктистова Наталья Александровна (feokna@yandex.ru), Васильев Дмитрий Аркадьевич (dav_ul@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ

LIFE CONDITION EVALUATION OF TREE PLANTINGS UNDER URBAN ENVIRONMENTAL CONDITIONS

V. Kornienko
S. Prikhodko
A. Yaitsky

Summary. The work presents research findings on the influence of technogenic pressure (transport exhaust gases, industrial emissions, and high vibration-acoustic noise background) on tree viability in urban environments. It was noted that the average monthly content of toxic substances (nitrogen dioxide, phenol, formaldehyde, ammonia) in the atmospheric air of Donetsk was exceeded by 30–40%. Also, these substances have a summation effect, as a result of their values exceeding 1, which indicates an unsatisfactory state of the natural environment. For soils in the zone of influence of major highways, the maximum permissible concentration for heavy metals is on average 40%. The determination of vibration-acoustic noise in the studied plantings showed an excess of threshold limit value and permissible exposure limit, which may affect the longevity of green plantings, but the trees effectively reduce the level of acoustic noise. Data of the health condition analysis show the tree plantations in urbanized areas have shorter life spans and worse morphometric characters compared to the same plantings in background conditions. Notably, for most tree species introduced in plantings the age of 50 years is critical. It enables us to prognosticate the introduction success of certain species in urban landscaping.

Keywords: urban environments; technogenic pressure; technogenic air pollution; condition of tree plantings; critical age; viability; tree species range.

Корниенко Владимир Олегович

Старший преподаватель, ГОУ ВПО «Донецкий
национальный университет»
kornienkovo@mail.ru

Приходько Светлана Анатольевна

К.б.н., с.н.с., директор, ГУ «Донецкий ботанический
сад»

dbs-svetlana@mail.ru

Яицкий Андрей Степанович

Старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Самарский
государственный социально-педагогический
университет»
yaitsky@pgsga.ru

Аннотация. В работе представлены результаты исследований влияния техногенной нагрузки (выбросы от автотранспорта, предприятий, повышенный вибрационно-акустический шум) на жизнеспособность древесных растений в условиях промышленного города. Отмечено превышение среднемесячного содержания токсических веществ (диоксид азота, фенол, формальдегид, аммиак) в атмосферном воздухе г. Донецка на 30–40%. Также эти вещества обладают эффектом суммации, в результате их значения превышают 1, что говорит о неудовлетворительном состоянии природной среды. Для почв в зоне влияния крупных автомобильных дорог превышение ПДК по тяжёлым металлам в среднем составляет 40%. Определение вибрационно-акустического шума в исследованных насаждениях показали превышение ПДУ, что, возможно, влияет на долговечность зелёных насаждений, но при этом деревья эффективно снижают уровень акустического шума. Результаты анализа состояния древесных насаждений в урбанизированной среде в условиях степной зоны показывают, что их долговечность и морфометрические показатели значительно снижены по сравнению с деревьями в естественной среде. В частности, для большинства используемых пород 50-летний возраст является предельным. Это позволяет прогнозировать успешность использования отдельных пород с озеленительной целью.

Ключевые слова: урбанизированная среда; техногенная нагрузка; аэротехногенное загрязнение; состояние древесных насаждений; критический возраст; жизнеспособность; ассортимент древесных пород.

Введение

Зелёные насаждения на урбанизированных территориях способствуют оптимизации микроклиматических и санитарно-гигиенических условий, используются для функциональной организации городского пространства и повышения художественной выразительности архитектурных ансамблей. Поэтому исследования урбанодендрофлоры, анализ видового состава насаждений и состояния культивируемых древесных пород, а также разработка ассортимента перспективных древесных растений для введения в городские зелёные

насаждения относятся к актуальным проблемам современности [1].

В городах сформировалась специфическая техногенная среда с постоянно возрастающей антропогенной нагрузкой на урбоэкосистемы, что приводит к значительной трансформации окружающей среды. Воздух в городах загрязнен пылью, аэрозолями, газами и дымом, поэтому снижение уровня токсичных веществ в воздухе и почве является важным направлением оптимизации городской среды. С этой целью используют преимущественно технические средства — пылеуловители и филь-

Таблица 1. Значение суммарного эффекта для атмосферы

| Группы веществ, обладающие эффектом суммации | Годы | | | |
|----------------------------------------------|------|------|------|------|
| | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Диоксид азота / фенол | 5,2 | 3,1 | 3,3 | 3,9 |
| Аммиак / формальдегид | 6,3 | 4,7 | 5,2 | 3,4 |

Примечание. >1 — неудовлетворительное состояние окружающей среды.

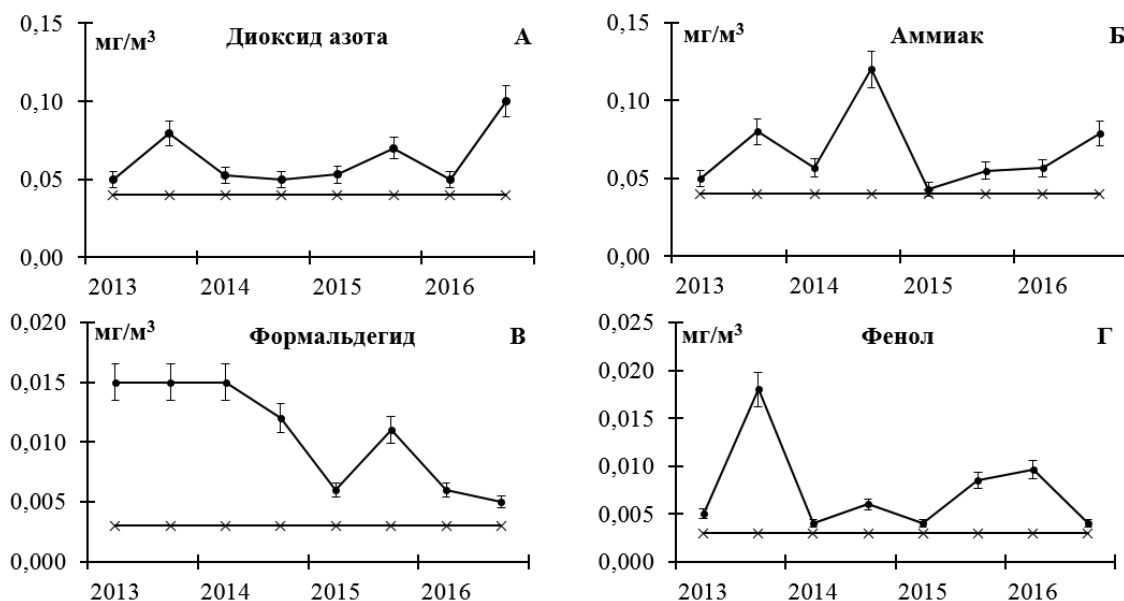


Рис. 1. Содержание диоксида азота (А), аммиака (Б), формальдегида (В) и фенола (Г) в отобранных пробах (г. Донецк) с 2013 по 2016 гг. (по [11])

тры, внедрение безотходных технологий производства. Как средство доочистки городской среды, используют древесные насаждения, способные нивелировать неблагоприятные факторы природного и техногенного происхождения [2–4]. Однако высокий уровень негативного воздействия приводит к ослаблению растений, поражению их вредителями и болезнями, снижению их продуктивности и жизнеспособности и, как следствие, к преждевременному старению и уменьшению долговечности. Поэтому в урбанизированной среде зелёные насаждения следует создавать только с участием наиболее адаптированных и выносливых древесных пород.

Объекты и методики исследований

Город Донецк — центр промышленного Донбасса, расположенный на юге степной зоны. Его площадь составляет 363 км². Протяжённость территории города с севера на юг — более 25 км, а с запада на восток — около 40 км. В городе насчитывается 21 площадь, 2220 улиц, бульваров и проспектов, более 380 парков и скверов. Общая протяжённость улиц — 3 тыс. км. Базовые отрас-

ли промышленности — угольная (9%), металлургическая (29%), машиностроительная (12%), пищевая (14%), выбрасывающие в атмосферу более 30 видов загрязняющих веществ. Лидирующим среди вышеперечисленных источников является автомобильный транспорт; на его долю приходится 37–85% выбросов веществ [5–9; 2]. По своим физико-химическим свойствам, они распределяются между твёрдой, жидкой и газообразной фазами и впоследствии поступают в природную среду в результате сухого и влажного осаждения [10]. В результате среднемесячное содержание токсических веществ (диоксид азота, фенол, формальдегид, аммиак) в атмосферном воздухе г. Донецка превышено на 30–40% (рис. 1).

Также эти вещества обладают эффектом суммации; в результате их значения превышают единицу, что говорит о неудовлетворительном состоянии природной среды.

Для почв в зоне влияния крупных автомобильных дорог г. Донецка превышение ПДК по тяжёлым металлам в среднем составляет 40%. Максимум достигает

Таблица 2. Влияние древесных насаждений на уровень акустического шума на исследуемых участках (по [6])

| Номер участка | Значение акустического шума, дБА | | | | | | | | |
|---------------|----------------------------------|-----|---------|------------------------|-----|---------|-------------------------|-----|---------|
| | возле дороги | | | в первом ряду деревьев | | | во втором ряду деревьев | | |
| | max | min | среднее | max | min | среднее | max | min | среднее |
| 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 |

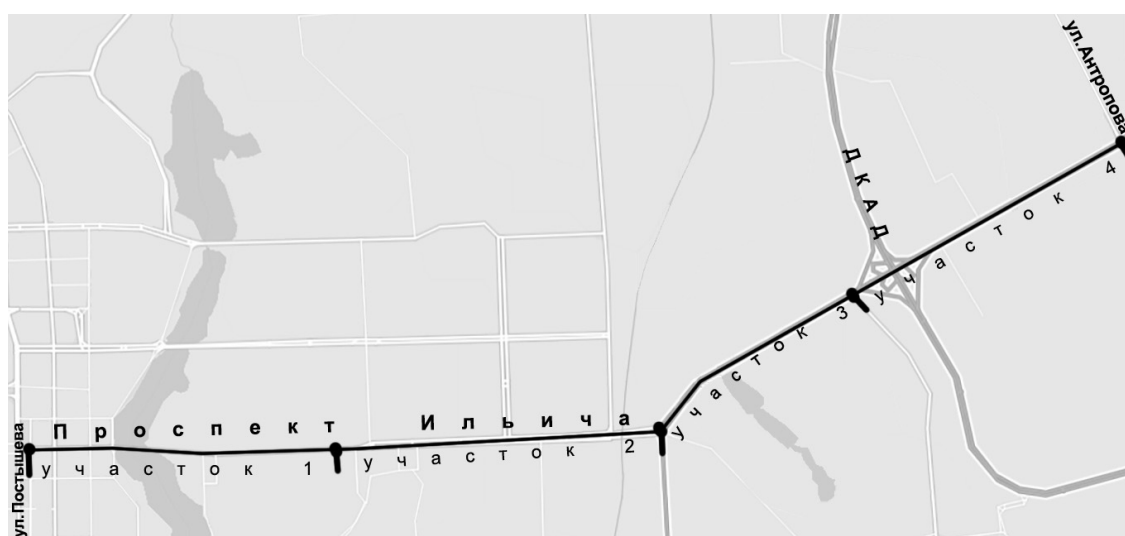


Рис. 2. Маршрут исследования древесных растений по проспекту Ильича (г. Донецк). Номерами 1–4 обозначены участки, на которых вычислялись средние значения вибрационно-акустического шума вдоль автотрассы

значений 91,04 мг/кг при ПДК 32 мг/кг (пересечение ул. Краснооктябрьской и ул. Левобережной). По проспекту Ильича в 2014 г. среднее значение содержания свинца составляло $46,7 \pm 2,3$ мг/кг, в 2015 г. в пределах ПДК, в 2016 г. превышение составляло $41,5 \pm 2,0$ мг/кг.

Для исследования состояния зелёных насаждений в зоне влияния транспортных магистралей был выбран один из самых нагруженных участков города Донецка — проспект Ильича (рис. 2). Протяжённость маршрута исследования составила 9 км, а общее количество исследованных древесных растений составило более 6 тысяч.

Исследования вибрационно-акустического шума показали, что на проспекте Ильича значения превышают ПДУ (табл. 2).

Максимумы уровня звукового давления располагаются в диапазоне 80–90 дБА, со спектром частот на мак-

симуме энергии 400–800 Гц. Из данных таблицы видно, что каждый последующий ряд деревьев эффективно снижает уровень акустического шума, с одной стороны, но вибрационная нагрузка, возможно, влияет на долговечность зелёных насаждений.

Жизнеспособность древесных растений оценивали по 8-балльной шкале Л.С. Савельевой [12].

Результаты исследований

В результате обследования мы определили видовой состав насаждений по проспекту Ильича города Донецка (рис. 3). По количеству экземпляров в насаждении преобладающими видами являются *Populus bolleana* Louche., *Acer platanoides* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Acer negundo* L., *Quercus robur* L., *Picea pungens* Engelm., *Aesculus hippocastanum* L., *Populus simonii* Can., *Betula pendula* Roth, *Fraxinus excelsior* L. Всего выявлено 114 видов.

Таблица 3. Жизнеспособность древесных пород в зависимости от возрастной группы

| Группа | Возраст, лет | Количество, шт. | Доля от общего, % | Состояние, балл |
|--------|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 1 | 10–19 | 2644 | 36,9 | 6–7 |
| 2 | 20–29 | 1536 | 21,4 | 5 |
| 3 | 30–39 | 1484 | 20,7 | 4 |
| 4 | 40–49 | 1233 | 17,2 | 5 |
| 5 | 50–59 | 177 | 2,5 | 5 |
| 6 | 60–69 | 90 | 1,3 | 4 |

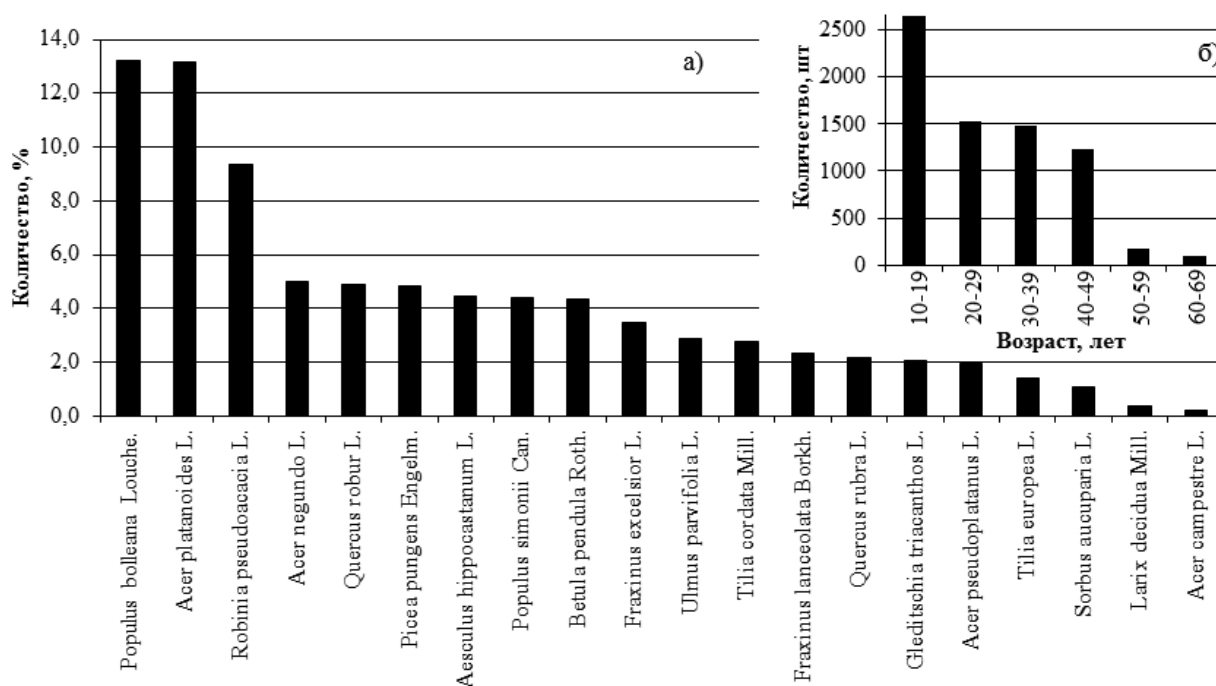


Рис. 3. Количество деревьев разных пород в исследованных насаждениях (а) и возрастная структура насаждения (б)

Небольшим количеством экземпляров (до 10) представлены 45 (42%) видов, форм и сортов деревьев. По темпам роста древесные породы распределяются на быстро-, средне- и медленнорастущие.

В обследованных насаждениях преобладают деревья быстрорастущих пород — они составляют 73% от общего количества. К ним относятся виды родов *Acer* L., *Fraxinus* L., *Populus* L., *Salix* L., а также *Ailanthus altissima*, *Aesculus hippocastanum*, *Betula pendula*, *Juglans regia*, *Robinia pseudoacacia* и др. Среднерастущие породы составляют 22%: виды родов *Crataegus* L., *Picea* A. Dietr., *Sorbus* L., *Tilia* L., и др. Самая многочисленная возрастная группа среди деревьев быстрорастущих пород — 30–39 лет, жизнеспособность наибольшего количества деревьев оценена в 4 балла.

Среди среднерастущих пород преобладают молодые деревья 10–19 лет, медленнорастущих — возрастная категория 40–49 лет, жизнеспособность большей части деревьев со средней скоростью роста оценена нами 5 баллами, медленнорастущих — 4 баллами (табл. 3). Возрастная структура насаждений по проспекту Ильича для всех видов представлена на рисунке 3: б.

В основном, у исследованных растений в возрасте 40–50 лет общее состояние оценивалось в 5 баллов, с увеличением возраста дерева отмечены процессы усыхания ветвей. В хорошем состоянии находятся молодые растения в возрасте 10–20 лет (37%), в удовлетворительном — 20–40 лет (59%). Растений старше 50 лет всего 4% — это предельный возраст эффективных зелёных насаждений в условиях агрессивной среды. Необходимо отметить, что 570 деревьев от общего числа обследован-

Таблица 4. Морфометрические параметры стволов лесобразующих пород в урбанизированной и естественной среде

| Вид | Естественная среда (по литературным данным) | | Урбанизированная среда (искусственные насаждения вдоль проспекта Ильича*) | |
|-----------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| | Высота, м \bar{X} | Диаметр, м \bar{X} | Высота, м $\bar{X} \pm S$ | Диаметр, м $\bar{X} \pm S$ |
| <i>Acer campestre</i> L. | 20 | 0,6 | 8,8 ± 3,9 | 0,2 ± 0,10 |
| <i>Acer negundo</i> L. | 18 | 0,6 | 12,1 ± 4,3 | 0,3 ± 0,10 |
| <i>Acer platanoides</i> L. | 30 | 0,4 | 15,6 ± 8,9 | 0,2 ± 0,10 |
| <i>Acer pseudoplatanus</i> L. | 27 | 0,6 | 9,7 ± 5,6 | 0,2 ± 0,10 |
| <i>Acer saccharinum</i> L. | 31 | 0,7 | 11,8 ± 8,8 | 0,2 ± 0,10 |
| <i>Aesculus hippocastanum</i> L. | 33 | 0,5 | 10,1 ± 5,2 | 0,2 ± 0,10 |
| <i>Betula pendula</i> Roth | 30 | 0,8 | 12,7 ± 6,0 | 0,1 ± 0,10 |
| <i>Fraxinus excelsior</i> L. | 25 | 0,7 | 12,0 ± 6,4 | 0,2 ± 0,10 |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> Borkh | 32 | 0,6 | 11,3 ± 4,7 | 0,2 ± 0,10 |
| <i>Gleditschia triacanthos</i> L. | 30 | 0,7 | 14,5 ± 2,5 | 0,3 ± 0,10 |
| <i>Morus alba</i> L. | 16 | 0,4 | 6,3 ± 2,5 | 0,2 ± 0,10 |
| <i>Quercus robur</i> L. | 35 | 1,0 | 13,5 ± 4,1 | 0,3 ± 0,10 |
| <i>Robinia pseudoacacia</i> L. | 30 | 0,8 | 13,7 ± 7,9 | 0,3 ± 0,10 |
| <i>Sorbus aucuparia</i> L. | 10 | 0,4 | 3,1 ± 1,6 | 0,1 ± 0,03 |
| <i>Tilia cordata</i> Mill. | 30 | 0,9 | 13,2 ± 8,0 | 0,1 ± 0,10 |
| <i>Ulmus laevis</i> Pall. | 40 | 0,6 | 13,6 ± 4,8 | 0,2 ± 0,10 |
| <i>Ulmus parvifolia</i> L. | 14 | 0,9 | 13,7 ± 1,6 | 0,3 ± 0,20 |
| <i>Populus simonii</i> Carrière | 20 | 0,5 | 13,2 ± 6,0 | 0,2 ± 0,10 |
| <i>Populus balsamifera</i> L. | 22 | 0,6 | 15,8 ± 4,1 | 0,3 ± 0,10 |
| <i>Populus bolleana</i> Louche | 30 | 1,0 | 18,3 ± 8,4 | 0,3 ± 0,10 |
| <i>Populus nigra</i> L. | 32 | 1,0 | 20,0 ± 4,3 | 0,4 ± 0,20 |

Примечания. $\bar{X} \pm Sx$ — среднее арифметическое значение ± стандартное отклонение; \bar{X} — среднее арифметическое значение; * — возраст деревьев 40–50 лет.

ных растений, независимо от возрастной группы, оценены жизненным баллом от 0 до 2. Это, в основном, такие виды как *Acer campestre* L., *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Populus bolleana* Louche., *Ulmus laevis* Pall., *Betula pendula* Roth.

Высота деревьев широколиственных и мелколиственных пород I и II величины в естественных условиях составляет 20–30 м, в то время как в насаждениях вдоль автомагистрали по проспекту Ильича спелые насаждения *Betula pendula* Roth достигают высоты 12–18 м при диаметре 22–28 см, *Tilia cordata* — 12–22 м при диаметре 10–20 см, *Acer platanoides* — 15–20 м при диаметре 24–36 см (табл. 4).

Высота лиственных пород III величины в естественных условиях не превышает 15 м, а в составе городских посадок спелые насаждения *Sorbus aucuparia* имеют высоту 4–6 м при диаметре ствола 8–12 см. Техногенный пресс в условиях автомагистрали по проспекту Ильича не оказал достоверного угнетающего воздействия только на *Populus balsamifera* и *Ulmus parvifolia*.

В результате проведенных исследований по проспекту Ильича были выявлены 114 видов древесно-кустарниковых растений. Репрезентативность только 20 видов деревьев превышает 1,0%. Самой многочисленной у деревьев является возрастная группа — 10–19 лет. Жизнеспособность деревьев в возрасте до 20 лет оценена нами 6–7 баллами, в возрасте 20–50 лет — 4–5 баллами, старше 50 лет — 4 баллами. Влияние техногенной нагрузки (в условиях автомагистрали по проспекту Ильича) приводит к достоверному снижению морфометрических параметров стволов практически всех исследованных лесобразующих пород (исключение *Populus balsamifera* и *Ulmus parvifolia*), что может отразиться на их механической устойчивости и аварийности в условиях города.

Заключение

В условиях урбанизированной среды долговечность и эффективность зелёных насаждений вдоль автотрасс определяется многими факторами, из которых наиболее важными являются степень аэротехногенного загрязне-

ния, с одной стороны, и научная обоснованность подбора ассортимента пород древесных растений.

По результатам наших исследований среднемесячное содержание токсических веществ (диоксид азота, фенол, формальдегид, аммиак) в атмосферном воздухе г. Донецка превышено на 30–40%. Также эти вещества обладают эффектом суммации, в результате их значения превышают 1, что говорит о неудовлетворительном состоянии природной среды. Для почв в зоне влияния крупных автомобильных дорог превышение ПДК по тяжёлым металлам в среднем составляет 40%. Определение вибрационно-акустического шума в исследованных насаждениях показали превышение ПДУ, что, возможно, влияет на долговечность зелёных насаждений, но при этом деревья эффективно снижают уровень акустического шума.

Результаты анализа состояния древесных насаждений в урбанизированной среде в условиях степной зоны показывают, что их долговечность и морфометрические показатели значительно снижены по сравнению с деревьями в естественной среде. В частности, для большинства используемых пород 50-летний возраст является предельным. Это позволяет прогнозировать успешность использования отдельных пород с озеленительной целью. В частности, в г. Донецке рекомендуется ограничить использование в придорожных насаждениях пород недолговечных и проявляющих инвазивную активность. При планировании выращивания посадочного материала для реконструкции зелёных городских насаждений необходимо учитывать результаты обследований состояния существующих насаждений и на их основе формировать научно обоснованный ассортимент из наиболее устойчивых и долговечных пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеева Е. В. Рост и индикаторная роль зеленых насаждений в урбанизированной среде. Красноярск: СибГТУ, 2007. 382 с.
2. Поляков А. К. Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды. Донецк: Ноулидж, 2009. 268 с.
3. Серикова Л. В. Функционирование древесной растительности г. Москвы в условиях антропогенного воздействия // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2003. № 6. С. 9–29.
4. Davis A.M., Glick T. F. Urban ecosystems and island biogeography // Environmental Conservation. 1978. Vol. 5, № 4. P. 299–304.
5. Залывская О.С., Хрущева С. В., Бабич Н. А. Свинец в системе почва — древесное растение в урбанизированной среде // Лесной журнал. 2009. № 1. С. 39–43.
6. Корниенко В.О., Кольченко О. Р., Матвеева Т. Б. Acer platanoides L. в условиях антропогенной нагрузки г. Донецка // Самарский научный вестник. 2019. Т. 8, № 3 (28). С. 46–52.
7. Любимов Р. В. Свинцовое загрязнение и изменения физико-химических свойств почв населённых пунктов Республики Алтай: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Томск, 2005. 22 с.
8. Обущенко С.В., Гнеденко В. В. Мониторинг содержания микроэлементов и тяжёлых металлов в почвах Самарской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 7. С. 30–34.
9. Павличенко Л.М., Есполаева А. Р., Изтаева А. М. Содержание тяжёлых металлов в почве «Мангистауской области» // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 2. С. 53–58.
10. Lawlor A.J., Tipping E. Metals in bulk deposition and surface water at two upland locations in Northern England // Environmental Pollution. 2003. Vol. 121. P. 153–167.
11. Корниенко В.О., Бригневич Е. А. Экологическая оценка загрязнения воды, почвы и атмосферного воздуха тяжёлыми металлами и химическими веществами г. Донецка // Актуальные проблемы наук о Земле: мат-лы междунар. конф. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2016. С. 374–376.
12. Савельева Л. С. Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесных насаждениях. М.: Лесная промышленность, 1975. 168 с.

© Корниенко Владимир Олегович (kornienkovo@mail.ru),

Приходько Светлана Анатольевна (dbs-svetlana@mail.ru), Яицкий Андрей Степанович (yaitsky@pgsga.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ВИДОВОЙ СОСТАВ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ, РАСПРОСТРАНЕННЫХ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ, И ОЦЕНКА ИХ ПОТЕНЦИАЛА КАК ПРОДУЦЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

THE SPECIES COMPOSITION OF BASIDIOMYCETES SPREAD IN AZERBAIJAN AND ASSESSMENT OF THEIR POTENTIAL AS PRODUCERS OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES

**S. Nagiyeva
S. Karaeva
B. Alyeva
N. Akhundova
Ya. Yusifova**

Summary. In the carried out of study characterized the species composition, eco- trophic relationships and some indicators of the biotechnological potential of xylomycobiota inherent to the nature of Azerbaijan.

As a result of studies, was found that 93 species take part in the formation of xylomycobiota of trees in natural and artificial forests, parks of the studied territories, as well as the Central Botanical Garden of ANAS, 88,2% of which are causative agents of white decay under the natural conditions. Among the registered fungi, there are many strains that are promising both in terms of their ability to form biomass and the production of certain biologically active substances (enzymes, polysaccharides, etc.), which will allow in the near future on their basis to organize the production of biologically active substances in the country.

Keywords: xylomycobiota, species composition, eco-trophic relationship, type of decay, biologically active substances.

Нагиева СевильЭхтибар кызы

Ассистент, Азербайджанский Аграрный
Университет, г. Гянджа
sevil_murquzova@mail.ru

Караева Севиндж Джамаледдин кызы

М.н.с., Институт микробиологии НАНА, г. Баку
qarayevasevinc80@mail.ru

Алыева Бести Низами кызы

Докторант, Институт микробиологии НАНА, г. Баку
azmbi@mail.ru

Ахундова Назиля Абдул кызы

Старший преподаватель, Азербайджанский
Государственный Экономический Университет, г. Баку
nazilya.akhundova@mail.ru

Юсифова Ягут Ахмед кызы

Институт Ботаники НАНА, г. Баку
yaquty@list.ru

Аннотация. В проведенных исследованиях охарактеризованы видовой состав, экологическая связь и некоторые показатели биотехнологического потенциала ксилотрофической микробиоты, свойственной природе Азербайджана.

В результате исследований обнаружено, что в формировании ксилотрофической микробиоты деревьев естественных и искусственных лесов, парков исследованных территорий, а также Центрального Ботанического сада НАНА принимают участие 93 вида, 88,2% из которых в природных условиях являются возбудителями белой гнили. Среди зарегистрированных грибов много штаммов перспективных как по способности образования биомассы, так и продуцированию тех или иных биологически активных веществ (ферментов, полисахаридов и т.д.), что позволит в ближайшем будущем на их основе организовать в стране производство БАВ.

Ключевые слова: ксилотрофическая микробиота, видовой состав, экологическая связь, тип гнили, биологически активные вещества.

Как известно, все живые организмы, включая грибы, обладают биоресурсным потенциалом и их использование восходит к очень древним временам, когда люди еще не знали об их существовании. Тем не менее, основа научного использования грибов связана с появлением микробиологии как области науки, то есть физиологического периода, связанного с именем Л. Пастера и с бродильными свойствами дрожжевых грибов. Область использования грибов расширяется день ото дня, что связано с практическим ис-

пользованием различных и многосторонних функций, которые они выполняют в природе, но их потенциал все ещё не используется должным образом [12], и тот факт, что они по-прежнему имеют большой потенциал для использования, является одной из реалий, которую сегодня однозначно принимает научное сообщество. Поэтому, одной из важных задач при обнаружении и реализации этого потенциала грибов является поиск наиболее эффективных способов их защиты, восстановления и оценки.

В связи с этим, поиск продуцентов биологически активных веществ (БАВ), которые обычно характеризуются как органические соединения, получаемые из живых организмов и оказывающие даже в малом количестве существенное влияние на различные биологические процессы [8] и разработка научной и практической основ создания на их базе производственного процесса является одним из важнейших направлений исследований современной эпохи.

Одним из приоритетных исследовательских направлений современной микологии и биотехнологии является разработка технологий получения из базидиальных грибов биологически активных веществ (БАВ), имеющих также лечебные свойства [10]. Проведенные до сих пор исследования показали, что базидиальные грибы, в первую очередь, их ксилотрофные виды, обладают способностью синтезировать БАВ-ы с различными свойствами, такие как белки, липиды, полисахариды, органические кислоты, ферменты, витамины и др. [2, 15, 17]. Многие из этих веществ имеют также фармакологическую активность [16, 18], отличаются меньшей токсичностью, чем аналогичные вещества, полученные химическим синтезом и большей эффективностью при применении их в современной медицине.

Результаты исследований, проведенные в этом направлении, подтвердили, что в течение относительно короткого периода времени грибы, включая их ксилотрофные виды, стали перспективными объектами биотехнологии [11, 14]. Однако, оценка их биоресурсного потенциала находится всё ещё не на желаемом уровне. Этот факт находит свое подтверждение и в условиях Азербайджана. Так, ксилотрофные грибы широко распространены в Азербайджане, и число видов, зарегистрированных в результате исследований, превышает 210 видов [7]. Как продуценты биологически активных веществ подробно изучена лишь незначительная часть этих грибов, и не случайно, что сегодня в Азербайджане, за исключением получения из базидиальных грибов пищевых продуктов (получение плодовых тел грибов *Pleurotus ostreatus* и *Agaricus bisporus* методом интенсивного выращивания), нет производства других продуктов грибного происхождения.

Поэтому представленная работа посвящена оценке видового состава, скорости роста в вегетативной фазе, фитотоксичности и биологической активности метаболитов базидиальных грибов, распространенных на территории Азербайджана.

Материалы и методы

Учитывая большое разнообразие видового состава, экологических групп базидиальных грибов в качестве

объектов исследования были выбраны ксилотрофные виды базидиальных грибов.

Исследования проводились на крупных геоморфологических единицах Азербайджана, а именно, в естественных и искусственных лесах Большого Кавказа, Малого Кавказа, Кура-Аракской низменности, Ленкорань-Астаринской зоны.

Плодовые тела (ПТ) ксилотрофных макромицетов, выбранных в качестве объекта исследования, были отобраны по общеизвестным методам [3–5], паспортизованы на месте и подготовлены для лабораторных анализов. В первичных лабораторных исследованиях проводили выделение чистой культуры из отобранных ПТ, используя для этого процесса стандартные питательные среды, а точнее, сусло агар (2–3⁰B). Культивирование проводили при 26–28⁰C в течение 3–5 дней и после того, как наблюдался рост, визуально схожие мицелии переносили в новую питательную среду и этот процесс продолжался до получения чистой культуры. Контроль чистоты культур осуществляется с помощью микроскопа (OMAX 40X-2500X LED Digital Lab Trinocular Compound Microscope).

Идентификация грибов проводилась согласно известным определителям [1, 9].

Для получения вегетативного мицелия использовали чистую культуру грибов, и проводили глубинное культивирование (ГК) (100 циклов / мин) при 26–28 °C в течение 5–7 дней на глюкозо-пептонной среде. После завершения культивирования полученную биомассу (ВМ) отделяют от культуральной жидкости (КЖ) центрифугированием (5000 циклов / мин, 10 мин). В качестве источников БАВ в исследованиях наряду с ПТ используются и ВМ и КЖ.

Результаты и их обсуждения

Как известно, начальный этап микологического исследования заключается в получении информации, необходимой для определения и характеристики объекта исследования. Первичные данные о ксилотрофных макромицетах, выбранных в качестве объекта исследования, должны отображать их видовой состав, и именно с этого были начаты наши исследования. В связи с этим, за годы проведения исследования было отобрано и идентифицировано 785 ПТ ксилотрофных макромицетов, распространенных на деревьях естественных и искусственных лесов, расположенных на территории Большого Кавказа, Кура-Аракской низменности, Малого Кавказа и Талышских гор Азербайджана. Было установлено, что большинство зарегистрированных ПТ относятся к роду *Fomes*, *Fomitopsis*, *Ganoderma*, *Inonotus*, *Phellinus*

Таблица 1. Распределение по родам собранных в ходе исследований ПТ

| № | Роды | Плодовые тела | | Количество видов | Цвет гнили, вызываемой в естественных условиях |
|----|----------------|---------------|-----------------|------------------|------------------------------------------------|
| | | Кол-во(шт) | Удельный вес(%) | | |
| 1 | Abortoporus | 3 | 0,54 | 1 | Белая |
| 2 | Armillaria | 5 | 0,90 | 1 | Белая |
| 3 | Cerrena | 4 | 0,72 | 1 | Белая |
| 4 | Climacodon | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 5 | Collybia | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 6 | Coniophora | 3 | 0,54 | 1 | Бурая |
| 7 | Crepidotus | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 8 | Daedalea | 3 | 0,54 | 1 | Белая |
| 9 | Daedaleopsis | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 10 | Fibroporia | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 11 | Fistulina | 1 | 0,18 | 1 | Бурая |
| 12 | Flammulina | 3 | 0,54 | 1 | Белая |
| 13 | Fomes | 15 | 2,68 | 1 | Белая |
| 14 | Fomitopsis | 78 | 13,91 | 6 | Бурая(5), белая(1) |
| 15 | Funalia | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 16 | Ganoderma | 32 | 5,71 | 4 | Белая |
| 17 | Gloeophyllum | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 18 | Heteroporus | 5 | 0,90 | 1 | Белая |
| 19 | Hirschioporus | 5 | 0,90 | 1 | Белая |
| 20 | Hyphoderma | 3 | 0,54 | 1 | Белая |
| 21 | Hypholoma | 3 | 0,54 | 1 | Белая |
| 22 | Inonotus | 25 | 4,46 | 5 | Белая (4), бурая(1) |
| 23 | Irpex | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 24 | Kuehneromyces | 3 | 0,54 | 1 | Белая |
| 25 | Laetiporus | 10 | 1,80 | 1 | Бурая |
| 26 | Lentinus | 10 | 1,80 | 2 | Белая |
| 27 | Lenzites | 12 | 2,14 | 2 | Белая |
| 28 | Lepiota | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 29 | Marasmiellus | 5 | 0,90 | 1 | Белая |
| 30 | Marasmius | 3 | 0,54 | 1 | Белая |
| 31 | Micromphale | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 32 | Mycena | 3 | 0,54 | 1 | Белая |
| 33 | Oxyporus | 5 | 0,90 | 2 | Белая |
| 34 | Panus | 4 | 0,72 | 1 | Белая |
| 35 | Paxillus | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 36 | Peniophora | 5 | 0,90 | 2 | Белая |
| 37 | Phellinus | 93 | 16,58 | 10 | Белая |
| 38 | Phlebia | 5 | 0,90 | 2 | Белая |
| 39 | Piptoporus | 4 | 0,72 | 1 | Белая |
| 40 | Pleurotus | 25 | 4,46 | 3 | Белая |
| 41 | Pluteus | 5 | 0,90 | 1 | Белая |
| 42 | Polyporus | 18 | 3,21 | 3 | Белая |
| 43 | Psathyrella | 5 | 0,90 | 2 | Белая |
| 44 | Pseudotrametes | 6 | 1,08 | 1 | Белая |
| 45 | Psilocybe | 3 | 0,54 | 1 | Белая |
| 46 | Psynoporus | 4 | 0,72 | 1 | Белая |
| 47 | Rigidoporus | 1 | 0,18 | 1 | Белая |
| 48 | Schizophyllum | 12 | 2,14 | 1 | Белая |
| 49 | Spongipellis | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 50 | Stereum | 10 | 1,80 | 2 | Белая |

Таблица 1 (продолжение). Распределение по родам собранных в ходе исследований ПТ

| № | Роды | Плодовые тела | | Количество видов | Цвет гнили, вызываемой в естественных условиях |
|-------|----------------|---------------|-----------------|------------------|------------------------------------------------|
| | | Кол-во(шт) | Удельный вес(%) | | |
| 51 | Trametes | 87 | 15,51 | 7 | Белая(6), бурая(1) |
| 52 | Tricholomopsis | 2 | 0,36 | 1 | Белая |
| 53 | Tyromyces | 3 | 0,54 | 1 | Бурая |
| 54 | Volvariella | 3 | 0,54 | 1 | Белая |
| 55 | Xerula | 3 | 0,54 | 1 | Белая |
| Итого | | 561 | 100 | 93 | 82/11 |

Таблица 2. Оценка грибов по количеству биомассы в жидкой питательной среде

| Группа по скорости роста | Количество образуемой биомассы (5 дней, г/лсухого веса) | |
|--------------------------|---------------------------------------------------------|-----|
| Быстрорастущие | 5,1–7,5 | 25 |
| Среднерастущие | 3,2–4,7 | 194 |
| Медленнорастущие | 1,6–2,8 | 131 |

и *Trametes* (таблица 1). Как видно, зарегистрированные плодовые тела относятся к 93 видам базидиальных грибов, что составляет 64,4% из числа ксилотрофных макромицетов (212 видов), которые были зарегистрированы в исследованиях [7], проведенных в Азербайджане до настоящего времени.

Следует отметить, что в 1926 году Бавендам разделил ксилотрофные макромицеты на 2 группы, а именно, на возбудителей белой и бурой гнили [6]. Основой такого разделения, которое используют и в настоящее время, служит особенность деградации основных полимеров древесных растений ксилотрофными макромицетами. Поэтому, было сочтено целесообразным охарактеризовать зарегистрированные грибы в данном аспекте. Это важно, поскольку устраняет необходимость первичного отбора при использовании ксилотрофных макромицетов, особенно, при определении их эффективности в биоконверсии соединений лигноцеллюлозы. Так, в ферментной системе грибов бурой гнили отсутствуют ферменты, осуществляющие деградацию лигнина, который содержится в древесных растениях. При характеристике зарегистрированных грибов с этой точки зрения было выявлено, что грибы возбудители белой гнили имеют больший удельный вес, и 120 видов зарегистрированных грибов вызывают белую гниль именно в природных условиях.

Следует отметить, что более высокий удельный вес грибов, вызывающих белую гниль, обусловлен как большим количеством видов, распространенных в природе, так и легкостью получения ими питательных веществ, необходимых для жизнедеятельности, ввиду более мощной и разнообразной ферментной системы, включающей ферменты, которые разрушают лигнин,

занимающий по запасам второе место. С практической точки зрения этот факт, т.е. более высокий удельный вес грибов белой гнили, оценивается как положительное явление. Каждый год образуется большое количество растительных отходов и их сложный полимерный состав [13] вызывает определенные трудности в применении. С точки зрения их эффективной утилизации ксилотрофные грибы, как выгодные объекты, привлекают особое внимание.

При характеристике эколого-трофических связей ксилотрофных грибов было обнаружено, что удельный вес грибов, как истинных сапротрофов, так и биотрофов, относительно невелик. Так, сапротрофность и биотрофность большинства зарегистрированных грибов носит факультативный характер, а точнее, из зарегистрированных грибов 5 относятся к истинным биотрофам, 7 — к истинным сапротрофам, а остальные — к политрофам.

Следует отметить, что зарегистрированные грибы различаются погифальными системами. Так, среди них есть грибы, имеющие как мономитическую, димитическую и тримитическую гифальные системы.

Следующим этапом исследований было получение чистых культур зарегистрированных ксилотрофных грибов и выяснение возможности использования их в качестве продуцентов биологически активных веществ. С этой целью из зарегистрированных грибов было выделено и охарактеризовано по выходу биомассы более 350 штаммов. Этот процесс основывался на учёте сухой биомассы, образуемой грибами в течение 5 дней при росте в жидкой питательной среде. По этому показателю культуры грибов были разделены на группы с быстрым, средним и медленным ростом, причем к наиболее бы-

стро растущим штаммам были отнесены грибы, продуцирующие в течение 5 дней более 5 г/л биомассы. Штаммы, продуцирующие в течение 5 дней биомассу менее 3 г/л, охарактеризованы как медленнорастущие. Штаммы грибов с выходом биомассы более 3 г/л и менее 5 г/л в течение 5 дней были описаны как штаммы, имеющие средний уровень роста. Числовые показатели такого разделения отражены в таблице № 2.

Как видно, только 7,1% исследованных штаммов характеризуются как быстрорастущие штаммы, и эти штаммы как продуценты БАВ были отобраны для следующего этапа исследования.

Следует отметить, что штаммы, отобранные для заключительной стадии исследования и характеризующиеся быстрым ростом таксономически отнесены к видам *Armillaria mellea* (2 штамма), *Bjerkandera adusta* (2), *Cerrena unicolor* (1), *Fomitopsis pinicola* (2), *G.lucidum* (2), *Heteroporus bienus* (1), *Laetiporus sulphureus* (2), *Panus tigrinus* (1), *Pleurotus ostreatus* (3), *Phellinus igniarius* (1), *Polyporus agariceus* (1), *Schizophyllum commune* (3) *Trametes hirsuta* (1) и *T.versicolor* (3).

На следующем этапе исследования были изучены фитотоксичность продуцируемой биомассы и культуральной жидкости (КЖ) отобранных перспективных штаммов и синтезируемые ими БАВ. Выявлено, что биомасса и культуральная жидкость (КЖ) этих штаммов не обладают токсичностью (таблица 3). Как видно, биомасса штаммов грибов *G.applanatum*, *H.bienus* и *Ph.igniarius* обладает некоторой фитотоксичностью по сравнению с другими грибами, и хотя это также наблюдается и в КЖ, активность здесь характеризуется относительно низкими количественными показателями. У остальных

штаммов фитотоксическая активность не наблюдается, и даже у некоторых наблюдается увеличение всхожести семян по сравнению с контролем, что также может указывать на присутствие биологически активных соединений среди их метаболитов.

В ходе заключительного этапа исследования выявлены области применения отобранных штаммов и установлено, что для микологической конверсии лигно-целлюлозных субстратов перспективно использовать штаммы грибов *A. mellea*, *B.adusta*, *P.ostreatus* и *P.agariceus*, в качестве активных продуцентов оксидаз — штаммы грибов *C.unicolor*, *T.hirsuta* и *T.versicolor*, как активные продуценты полисахаридов — штаммы грибов *G.lucidum*, *L.sulphureus* и *Sch.commune*. Штаммы грибов *F.pinicola*, *G.applanatum*, *H.bienus*, *P. tigrinus* и *Ph.igniarius*, также способны синтезировать те или иные БАВ, однако проводимые нами исследования не позволили полностью выяснить аспекты их перспективности, т.е. их статус будет установлен в последующих исследованиях.

Биотехнологические показатели штаммов, отобранных в качестве продуцента БАВ, не уступают известным штаммам, и позволят в ближайшем будущем реализовать организацию в Азербайджанской Республике на их основе производства БАВ различного назначения.

Таким образом, проведенные исследования показали, что в лесных экосистемах Азербайджана распространено 93 вида ксилотрофных макромицетов, а зарегистрированные грибы различаются по гифальной системе, количеству биомассы в вегетативной фазе роста, цвету вызываемой ими в естественных условиях гнили, а так же по фитотоксической активности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. СПб.: Наука, 1998, вып. 2, 391с.
2. Курашов Е.А., Ананьева Е. П., Крылова Ю. В. Компонентный состав низкомолекулярных органических веществ мицелия грибов *Trametes* и *Flammulina velutipes*//Микология и фитопатология, 2012, т. 46, в.2, с. 145–153.
3. Методы экспериментальной микологии/Под. ред. Билай В. И. Киев: Наукова думка, 1982, 500с.
4. Мухин В. А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург, 1993, 231 с.
5. Мухин В. А. Полевой определитель трутовых грибов. Екатеринбург, 1997, 104 с.
6. Рипачек В. Биология дереворазрушающих грибов. М.: Лес. пром., 1967. 275 с.
7. Akhundova N., Orucova S., Bahshaliyeva K., Muradov P. and Rahimov E. Evaluation by the Oxidase Activity of Xylotropic Macromycetes Causing White Decay. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 2019, v.10, p.179–18
8. Běhal, V. Alternative sources of biologically active substances.// *Folia Microbiol.*, 2003, v.48, p.563–571
9. Bernicchia, A. *Polyporaceae s. Fungi Europaei*, 2005, 10, 808p.
10. Elkhateeb W.A., Daba G. M., Thomas P. W., Wen T. C. Medicinal mushrooms as a new source of natural therapeutic bioactive compounds. *Egypt Pharmaceut J* 2019, v.18, p.88–101
11. Grienke U., Zoll M., Peintner U., Rollingner J. M. European medicinal polypores — a modern view on traditional uses // *J. Ethnopharmacol*, 2014, v. 154, № 3, p.564–583.
12. Hyde, K.D., Xu, J., Rapior, S. et al. The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially.// *Fungal Diversity*, 2019, v. 97, p.1–136
13. Jarvis M. J. Plant cell walls: supramolecular structures.// *Food Hydrocolloid.*, 2011, v. 25, p. 257–262.

14. Katarzyna Sułkowska-Ziaja, Agnieszka Szewczyk, Agnieszka Galanty, Joanna Gdula- Argasińska and Bożena Muszyńska). Chemical composition and biological activity of extracts from fruiting bodies and mycelial cultures of *Fomitopsis betulina*.//Molecular Biology Reports, 2018, v. 45(6), p.2535–2544.
15. Liang Z., Yi Y., Guo Y. et. al Chemical characterization and antitumor activities of polysaccharide extracted from *Ganoderma lucidum* // Int. J. Mol. Sci., 2014, v. 15, № 5, p. 9103–9116.
16. Ren L., Perera C., Hemar Y. Antitumor activity of mushroom polysaccharides: a review.// Food Funct., 2012, v. 3, № 11, p.1118–1130.
17. Ruthes, A.C., Smiderle, F.R., Iacomini, M. Mushroom heteropolysaccharides: A review on their sources, structure and biological effects.//Carbohydr. Polym., 2016, 136, 358–37
18. Wu H. T., Lu F. H., Su Y. C. et. Al. In vivo and in vitro anti-tumor effects of fungal extracts// Molecules, 2014, v. 19, № 2, p. 2546–2556.

© Нагиева СевильЭхтибар кызы (sevil_murquzova@mail.ru), Караева Севиндж Джамаледдин кызы (qarayevasevinc80@mail.ru),
Алыева Бести Низами кызы (azmbi@mail.ru), Ахундова Назилия Абдул кызы (nazilya.akhundova@mail.ru), Юсифова Ягут Ахмед кызы (yaquty@list.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Баку

ПРИМЕНЕНИЕ РЕАКЦИИ НАРАСТАНИЯ ТИТРА ФАГОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ БАКТЕРИИ МЯГКОЙ ГНИЛИ

APPLICATION OF THE REACTION OF THE GROWTH OF PHAGES TITER FOR DETECTION OF SOFT ROT BACTERIA

**B. Ryskaliyeva
D. Vasilyev
N. Feoktistova
E. Lyashenko**

Summary. The article shows the results of studies using the phage titer increasing reaction to detect the phytopathogenic bacterium *Pectobacterium carotovorum*, which causes soft rot and black leg of potato. In seed potatoes contaminated with bacteria of the genus *Pectobacterium*, using the phage titer increase reaction, the studied bacteria are detected in the amount of 103 microbial cells per 1 g without isolation of pure culture, in the presence of extraneous microflora. The data obtained during the study confirm that for the detection of bacteria of the genus *Pectobacterium*, the use of the phage titer increase reaction is an effective method that does not require isolation of a pure culture and allows to reduce the duration of the study to detect them.

Keywords: phytopathogenic bacteria, *Pectobacterium carotovorum*, identification, phage titer increase reaction, bacteriophage, soft rot.

Рыскалиева Балдай Жанайдаровна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина»
bryskalieva@mail.ru

Васильев Дмитрий Аркадьевич

Д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина»
dav_ul@mail.ru

Феоктистова Наталья Александровна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина»
feokna@yandex.ru

Ляшенко Елена Анатольевна

К.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина»
elena-l18@mail.ru

Аннотация. В статье показаны результаты исследований применения реакции нарастания титра фагов для обнаружения фитопатогенной бактерии *Pectobacterium carotovorum*, вызывающей мягкую гниль и черную ножку картофеля. В семенном картофеле, контаминированном бактериями рода *Pectobacterium*, с помощью реакции нарастания титра фага изучаемые бактерии обнаруживаются в количестве 103 микробных клеток в 1 г без выделения чистой культуры, в присутствии посторонней микрофлоры. Полученные в ходе исследования данные подтверждают, что для обнаружения бактерий рода *Pectobacterium* использование реакции нарастания титра фага является эффективным методом не требующим выделения чистой культуры и позволяющим сокращать длительность исследования по их обнаружению.

Ключевые слова: фитопатогенные бактерии, *Pectobacterium carotovorum*, идентификация, реакция нарастания титра фага, бактериофаг, мягкая гниль.

Введение

Черная ножка наиболее вредоносная бактериальная болезнь картофеля, встречающаяся повсеместно и проявляющаяся в виде некроза прикорневой части стеблей растений и мягкой гнили посадочных и хранящихся клубней. Эту болезнь вызывают три вида пектолитических бактерий из семейства *Enterobacteriaceae*: *Pectobacterium carotovorum subsp. carotovorum* (Pcc, син. *Erwinia carotovora subsp. carotovora*); *P. atrosepticum* (Pa, син. *E. carotovora subsp. atroseptica*); *Dickeya spp.* (D, син. *E. chrysanthemi* или *P. chrysanthemi*). Первые два вида широко встречаются как патогены картофеля на пространстве бывшего СССР [1].

Бактерии *Pectobacterium carotovorum* факультативные патогены, штаммы которых вызывают заболевания у различных видов растений, в том числе важных сельскохозяйственных культур, во многих случаях наносят большой экономический ущерб [2,3,4]. Ежегодные потери урожаев сельскохозяйственных культур примерно составляют 10–15%, в годы эпифитотии превышают 50% [5].

Из *Pectobacterium spp.* опасными для картофеля являются подвиды *Pectobacterium subsp. carotovorum* и *P.c.subsp. brasiliensis*. По сравнению с *Pectobacterium atrosepticum*, у *Pectobacterium subsp. carotovorum* шире географическое распространение, а также спектр растений-хозяев [6].

Таблица 1. Результат реакции нарастания титра фага при исследовании контаминированного бактериями рода *Pectobacterium carotovorum* семенного материала картофеля

| Концентрация индикаторных штаммов | Бактериофаги | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|
| | РСС-1 УлГАУ | | РСС-37 УлГАУ | |
| | Количество колоний фага | Увеличение количества фага | Количество колоний фага | Увеличение количества фага |
| 10 ¹ | 9 | 0,56 | 12 | 0,32 |
| 10 ² | 14 | 0,87 | 17 | 0,45 |
| 10 ³ | 98 | 6,12 | 213 | 5,75 |
| 10 ⁴ | лизис | Более 20 раз | лизис | Более 20 раз |
| 10 ⁵ | лизис | Более 20 раз | лизис | Более 20 раз |
| Контроль | 16 | 0 | 37 | 0 |
| Свободный фаг | 0 | 0 | 0 | 0 |

Инфекции, вызванные *P. carotovorum subsp. carotovorum* приводят к обширной мацерации из-за производства ферментов, таких как протеаза и пектиназа, что приводит к гибели клеток [7].

Диагностика и идентификация патогенов важны во многих отраслях, при контроле за состоянием окружающей среды и т.д. Вирусам, бактериозам, гельминтозам, микозам подвержены все растения. В сельском хозяйстве это грозит большими потерями. При заражении урожайность снижается в пределах от 10 до 80%, уменьшается содержание крахмала, ухудшается их качество, а также товарный вид. Продовольственная и биологическая безопасность зависит от постоянного контроля над фитосанитарным состоянием не только окружающей среды, но и сельскохозяйственных растений. Основным методом осуществления контроля — высокоспецифичная, эффективная диагностика, и идентификация фитопатогенов [8].

Специфическое взаимодействие фагов с бактериальной клеткой-хозяином дает возможность применять их для идентификации бактерий, в том числе патогенных. В отличие от множества искусственно созданных систем для определения и дифференциации различных структур бактериальных клеток, основанных на использовании антител или на амплификации, бактериофаг, естественно возникнув в ходе эволюции, специфически распознает свои рецепторы и связывается только с клетками своего хозяина. Это взаимодействие используется в ряде разных методик специфического определения и дифференциации штаммов бактерий — хозяев бактериофагов [9].

Цель исследования — применение реакции нарастания титра фага для индикации и идентификации возбудителя мягкой гнили с применением специфического бактериофага.

Объектами исследования выступали образцы семенного и товарного картофеля, нативные и искусственно контаминированные (зараженные) бактериями *Pectobacterium carotovorum*. В работе были использованы штаммы бактерий *Pectobacterium carotovorum* В-3455, В-333 из коллекции музея кафедры МВЭ и ВСЭ ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ. Выделенные и селекционированные авторами статьи бактериофаги *Pectobacterium carotovorum* [10].

Материалы и методы исследования

Постановка реакции нарастания титра фага проводилась по методике, предложенной В.Я. Ганюшкиным, а также методиками, которые были опробированы сотрудниками кафедры микробиологии, вирусологии, эпизоотологии и ветеринарно-санитарной экспертизы Ульяновского ГАУ [11, 12, 13].

Результаты исследования

В таблице 1 представлены результаты реакции нарастания титра фага при исследовании контаминированного бактериями рода *Pectobacterium carotovorum* семенного материала картофеля (табл. 1)

Установлено, что увеличение титра фагов РСС — 1 УлГАУ и РСС — 37 УлГАУ более чем в 5–6 раз произошло

при концентрации 10^3 микробных клеток в 1 г семенного материала картофеля.

Выводы

В семенном картофеле, контаминированном бактериями рода *Pectobacterium*, с помощью реакции нарастания титра фага изучаемые бактерии обнаруживаются в количестве 10^3 микробных клеток в 1 г без вы-

деления чистой культуры, в присутствии посторонней микрофлоры.

Полученные в ходе исследования данные подтверждают, что для обнаружения бактерий рода *Pectobacterium* использование реакции нарастания титра фага является эффективным методом не требующим выделения чистой культуры и позволяющим сокращать длительность исследования по их обнаружению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карлов, А. Н. Диагностика бактериального патогена картофеля *Dickeya dianthicola*. А. Н. Карлов, А. Н. Игнатов, Г. И. Карлов, Э. Ш. Пехтерева, Е. В. Матвеева, Н. В. Шаад, Ю. А. Варицев, Ф. С. Джалилов. Известия ТСХА, выпуск 3, 2011. с. 38–48.
2. Чжань, Янь. Зависимость иммунного ответа растений *Solanum lycopersicum* от численности клеток *Pectobacterium carotovorum* / Янь Чжань, Е. А. Николайчик // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия биологических наук. — 2012. — № 3. — С. 44–48.
3. Николайчик, Е. А., Л. Л. Хомская, Е. И. Игнатенко. Фитопатоген *pectobacterium carotovorum* использует аппарат секреции III типа для блокирования системного защитного ответа растения –хозяина. Труды БГУ 2009. Том 4. Часть 1.
4. Николайчик, Е. А. Индукция и супрессия иммунного ответа растений бактериальным патогеном *Pectobacterium carotovorum* / Е. А. Николайчик // Труды БГУ.— 2012.— Том 7.— Часть 1–2.— С. 43–55.
5. Стацюк Н. В. Лабораторные методы оценки устойчивости растений и клубней картофеля к возбудителям черной ножки и мягкой гнили клубней. Н. В. Стацюк, М. А. Кузнецова. Сельскохозяйственная биология. 2018. Том: 53. № 1. С. 111–122.
6. Ерохова, М. Д. «Черная ножка» и бактериальная мягкая гниль картофеля: факты и новейшие сведения. Защита и карантин растений. № 2, 2016, с. 31–33.
7. Nazerian E., Sijam K., Abidin Z., Ahmad M., Vadamalai G. [Электронный ресурс] Characterization of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* as a new disease on Lettuce in Malaysia. Australasian Plant Dis. Notes, 2013. № 8 December 2013, Volume 8, Issue 1, pp 105–107. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13314-013-0107-9> (дата обращения: 23. 07.2019)
8. Рязанцев, Д. Ю. Диагностика карантинных фитопатогенов методом пцр в формате flash Д. Ю. Рязанцев, Д. Д. Абрамов, С. К. Завриев. Сельскохозяйственная биология, 2009, № 3, С. 14–117.
9. Чугунова Е. О., Татарникова Н. А. Применение бактериофагов для детекции бактерий (обзор литературы) // Пермский аграрный вестник. 2016. № 4 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-bakteriofagov-dlya-detektsii-bakteriy-obzor-literatury> (дата обращения: 24.10.2019).
10. Выделение фагов и характеристика основных биологических свойств бактериофага фитопатогенных бактерий *Pectobacterium carotovorum* / Д. А. Васильев, С. Н. Золотухин, Е. А. Ляшенко, Н. И. Молофеева, И. И. Богданов, Б. Ж. Рыскалиева, А. К. Беккалиева, П. С. Майоров, А. И. Калдыркаев, И. Л. Обухов, Б. И. Шморгун // Естественные и технические науки. — 2018. — № 11. — С. 47–51.
11. Ганюшкин, В. Я. Бактериофаги сальмонелл и их применение в ветеринарии. — Ульяновск, 1988. — 45 с.
12. Васильев, Д. А. Разработка параметров постановки реакции нарастания титра фага для индикации бактерий *Bacillus mesentericus* в объектах санитарного надзора / Д. А. Васильев, С. Н. Золотухин, А. В. Алешкин, Н. А. Феоктистова [и др.] // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. — 2012. — № 4 (20). — С. 69–73.
13. Васильев, Д. А., Феоктистова, Н. А., Алешкин А. В. Золотухин, С. Н., Мاستиленко, А. В., Кисилева, И. А., Сульдина, Е. В., Никитченко, Д. В. (2019): Разработка биотехнологических параметров создания бактериофаговых биопрепаратов для деконтаминации микрофлоры, вызывающей порчу пищевого сырья животного происхождения и мясных, рыбных, молочных продуктов (биопроцессинг). Научная монография. — Ульяновск. — 450 с.

© Рыскалиева Балдай Жанайдаровна (bryskalieva@mail.ru), Васильев Дмитрий Аркадьевич (dav_ul@mail.ru), Феоктистова Наталья Александровна (feokna@yandex.ru), Ляшенко Елена Анатольевна (elena-118@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

РОЛЬ УКОРОЧЕННОЙ ФОРМЫ БЕЛКА ARF, ПРОДУКТА ГЕНА INK4A/ARF, В АКТИВАЦИИ СЕЛЕКТИВНОЙ АУТОФАГИИ МИТОХОНДРИЙ — МИТОФАГИИ

THE ROLE OF THE SHORT FORM OF THE ARF PROTEIN, A PRODUCT OF THE INK4A/ARF GENE, IN ACTIVATION OF SELECTIVE MITOCHONDRIAL AUTOPHAGY — MITOPHAGY

A. Soloviev
A. Budina
T. Anaschenkova

Summary. The article presents data on determining the role of the shortened form of the tumor suppressor ARF (smARF) in the activation of mitophagy. Using osteosarcoma cell line, we showed that ARF overexpression leads to mitochondrial degradation and autophagy activation, in which damaged mitochondria are delivered to autophagosomes for degradation by the process called mitophagy.

Keywords: autophagy, mitophagy, mitochondria, tumor suppressor, ARF.

Соловьев Александр Семенович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет»
Aleksolo46@yandex.ru

Будина Анна Павловна

К.м.н., стажер-исследователь, Институт Вистар, Филадельфия, США

Анащенко Татьяна Александровна

К.м.н., доцент, ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет»

Аннотация. В статье представлены данные по определению роли укороченной формы опухолевого супрессора ARF (smARF) в активации митофагии. В экспериментах на клетках остеосаркомы человека показано, что повышение экспрессии smARF приводит к деградации митохондрий и активации аутофагии, при которой поврежденные митохондрии доставляются в аутофагосомы и элиминируются в процессе митофагии.

Ключевые слова: аутофагия, митофагия, митохондрии, опухолевый супрессор, ARF.

Актуальность проблемы

Аутофагия — генетически запрограммированный, эволюционно сохраненный катаболический процесс, который разрушает собственные клеточные белки и поврежденные или избыточные органеллы. При этом цитоплазматический материал, подлежащий удалению, заключается в двухмембранную везикулу — аутофагосому и доставляется в лизосомы для гидролитической деградации [14, 16]. В настоящее время признается существование двух типов аутофагии: селективной и неселективной [5]. В ответ на голодание активируется неселективная аутофагия, обеспечивающая клетки необходимыми питательными веществами для их выживания [16]. Селективная аутофагия направлена на удаление поврежденных органелл или белковых агрегатов даже в условиях, богатых питательными веществами [5]. Выделяют селективную аутофагию пероксисом («пексофагия»), рибосом («рибофагия»), митохондрий («митофагия») и другие. Важнейшей формой селективной аутофагии является митофагия. Митофагия играет определяющую роль в контроле качества митохондрий путем распознавания поврежденных органелл и их избирательного удаления [1, 19]. Помимо своей

основной функции по выявлению и избирательному удалению поврежденных митохондрий, митофагия может влиять на различные физиологические процессы (иммунный ответ, дифференцировку клеток, рост и др. [13, 18]. Дерегуляция митофагии приводит к различным патофизиологическим изменениям и развитию заболеваний, включая нейродегенеративные заболевания, иммунные расстройства, злокачественные новообразования [13, 16]. Исследования по изучению митофагии показывают, что потеря функции регуляторов митофагии тесно связана с развитием и прогрессированием рака [3, 4, 8].

В последние годы активно изучается участие опухолевых супрессоров в регуляции селективной и неселективной аутофагии [2, 15]. Это касается и опухолевого супрессора ARF — белкового продукта гена INK4a/ARF [10]. Последовательность мРНК ARF содержит один дополнительный метионин, который может функционировать в качестве внутреннего сайта инициации трансляции. Поэтому мРНК ARF кодирует два различных белка: ядрышковую полноразмерную форму ARF дикого типа (wt ARF) и укороченную митохондриальную изоформу — smARF [7, 12]. Учитывая важную роль опухолевого

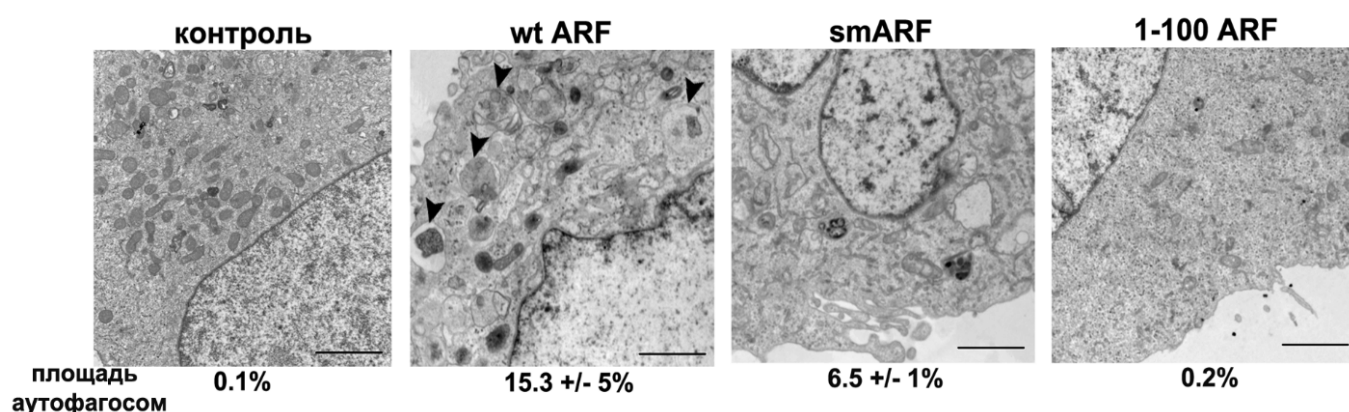


Рис. 1. Электронная микроскопия клеток U2OS-ARF до и после индукции в них ARF дикого типа (wt ARF) и smARF. Стрелками указаны аутофагосомы.

супрессора ARF в канцерогенезе [6] и митохондриальную локализацию smARF [18], важным направлением является исследование роли smARF в индукции митофагии и последующей элиминации опухолевых клеток.

Цель исследования

Целью исследования являлось определение роли укороченной формы опухолевого супрессора ARF (smARF) в активации селективной аутофагии митохондрий (митофагии).

Материал и методы

Объектом исследования служили клетки остеосаркомы человека U2OS с внедренным в них вектором pcDNA 4/TO-ARF. Экспрессия ARF в данной клеточной линии контролировалась присутствием в среде доксициклина. Культивирование клеток в присутствии 100 нг/мл доксициклина приводит к увеличению продукции ARF до уровня, сравнимого с количеством ARF в некоторых опухолях, что облегчает его исследование [10]. Локализация ARF в митохондриях подтверждалась выделением митохондриальной фракции (Mitochondria Isolation Kit for Cultured Cells, PIERCE, США) и последующим анализом ее методом Вестерн блоттинга с использованием антител к ARF (Abcam, США), GRP75 и PCNA (Santa Cruz Biotechnology, Inc, Santa Cruz, США). Изменение трансмембранного электрохимического потенциала митохондрий ($\Delta\psi$) определяли методом проточной цитометрии с использованием красителя JC-1. Встраиваясь в митохондрии, краситель JC-1 способен изменять свои спектральные характеристики в зависимости от величины $\Delta\psi$. Регистрация подобных изменений в клетках саркомы до и после индукции smARF осуществлялась на проточном фотометре. В качестве положительного контроля деполиризации

митохондрий использовали разобщитель окислительного фосфорилирования CCCP (Карбонил цианид м-хлорфенил гидразон) (Abcam, США) в концентрации 10 мкм, вызывающий исчезновение $\Delta\psi$. Способность ARF индуцировать аутофагию/митофагию определяли методом иммуноблоттинга с использованием антител к белкам — маркерам аутофагии LC3 и его модифицированной формы (LC3-II), p62 [9, 17] и белку митохондрий NIX [4]. Активацию аутофагии определяли также методом иммуноцитофлуоресцентного анализа. С этой целью клетки остеосаркомы U2OS-ARF трансфицировали плазмидой GFP-LC3, кодирующей зеленый флуоресцентный белок GFP (Green Fluorescent Protein), слитый с белком аутофагосом LC3. При активации аутофагии белок LC3 накапливается в аутофагосомах, что приводит к накоплению GFP в аутофагосомах. Формирование аутофагосом анализировали с помощью конфокальной микроскопии, используя микроскоп Nikon E600. Кроме того, для регистрации митофагии использован маркер митохондрий митотракер красный (MitoTracker Red CMXRos, Invitrogen, США). Методом иммуноцитофлуоресцентного анализа определялась масса митохондрий с использованием клеток остеосаркомы, содержащих митохондриальный маркер DsRed (Clontech, США), с последующей оценкой количества митохондрий с помощью программы ImageJ. Полученные препараты при иммуноцитофлуоресцентном методе анализировали с помощью конфокальной микроскопии. Существование комплекса ARF-NIX подтверждалось методом иммунопреципитации с последующей детекцией преципитированных белков методом иммуноблоттинга. Электронно-микроскопическое исследование клеток U2OS-smARF проводили с помощью трансмиссионной электронной микроскопии. Статистическую достоверность различий оценивали путем расчета t критерия Стьюдента в программе SigmaProt V.10. Различия считали достоверными при $p < 0,05$.

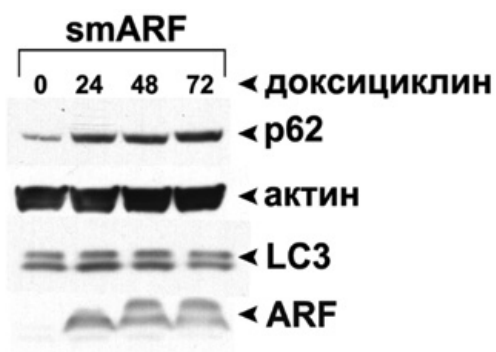


Рис. 2. Уровень маркеров аутофагии белков LC3 и p62 в клетках остеосаркомы вследствие индукции smARF.

клеточная линия U2OS-smARF

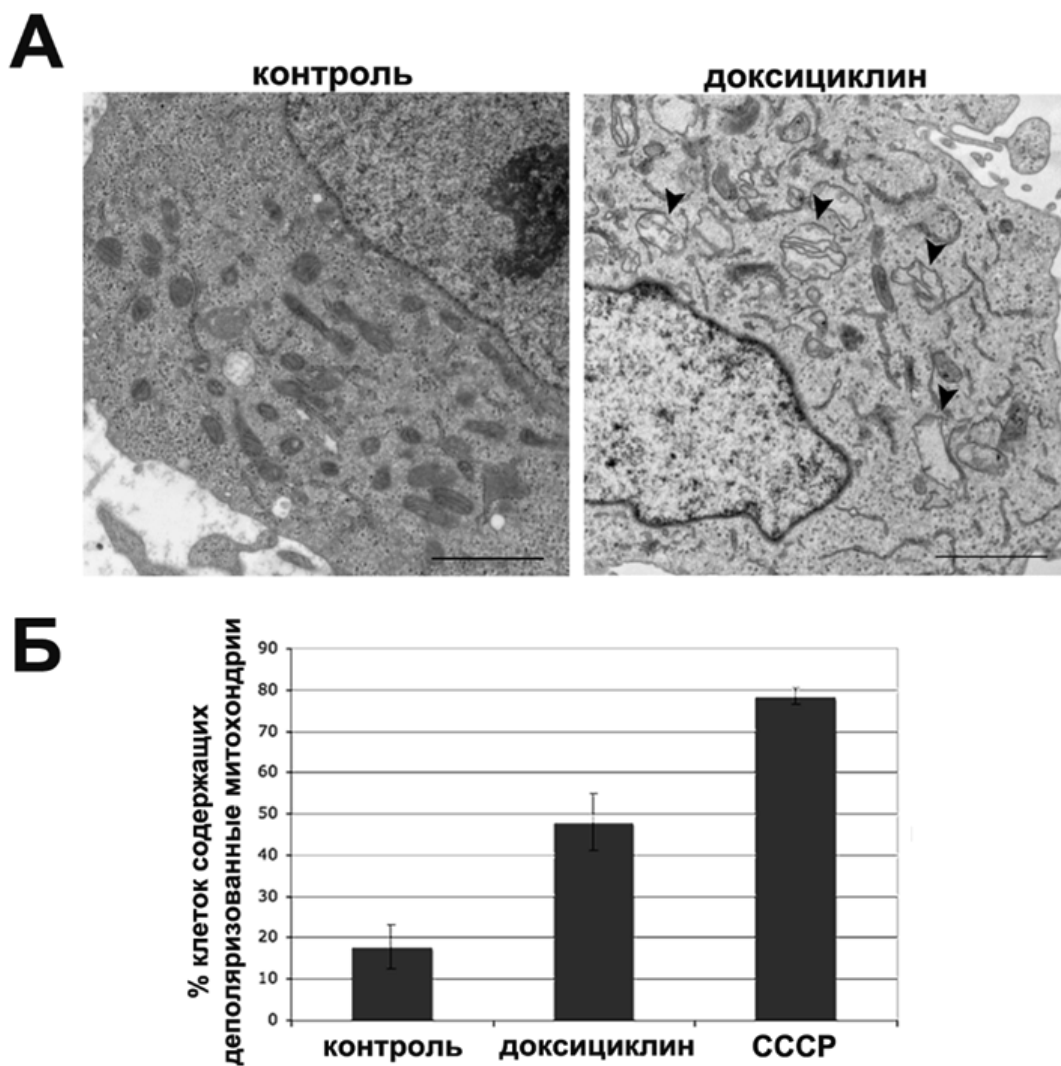


Рис. 3. Деполяризация и «набухание» митохондрий при активации smARF в клетках остеосаркомы. Стрелками указаны морфологически измененные митохондрии.

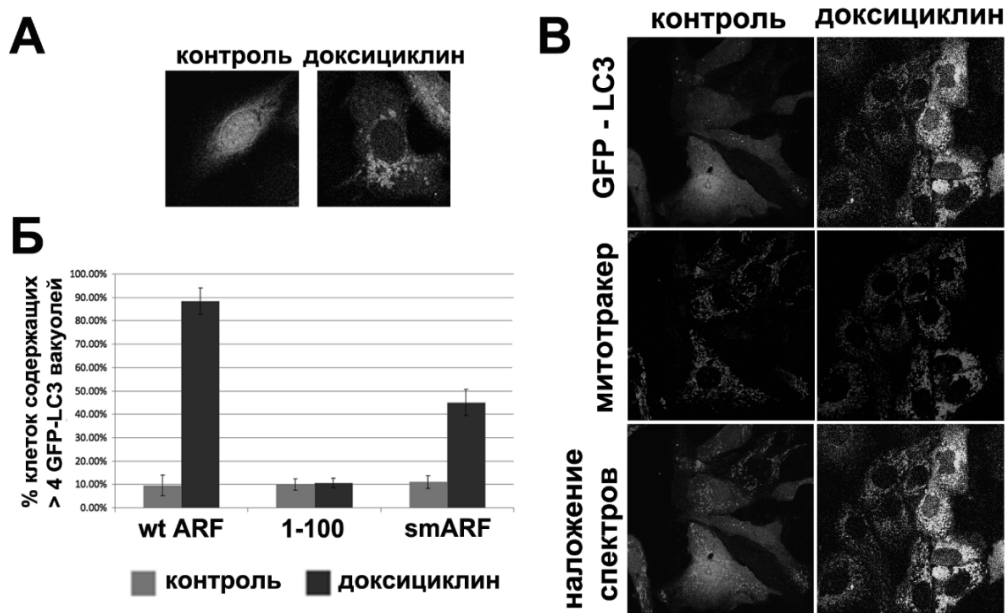


Рис. 4. Накопление и колокализация GFP-LC3-позитивных аутофагосом с маркером митохондрий митотракером красным в клетках U2OS-smARF.

Результаты исследования

В литературе имеются указания на способность smARF, подобно полноразмерному белку ARF, активировать неселективную аутофагию. [11]. Мы экспериментально проверили такую способность smARF. Данные электронной микроскопии выявили, что smARF обладает меньшей способностью по сравнению с полноразмерной формой стимулировать накопление аутофагосом в клетках остеосаркомы (рис. 1).

Индукция smARF в этих клетках даже в течение 72 часов не приводила к накоплению LC3-II и деградации белка p62, характерным для активации неселективной аутофагии (рис. 2). Эти эксперименты подтвердили, что smARF не способен активировать неселективную аутофагию.

Предполагая, что smARF может запускать селективную аутофагию митохондрий, мы провели ряд экспериментов по изучению влияния индукции smARF в митохондриях на активацию митофагии. При этом исследовалось состояние митохондрий при суперэкспрессии smARF доксициклином в клетках остеосаркомы U2OS-smARF. Для оценки влияния smARF на функциональное состояние митохондрий измерялся мембранный потенциал митохондрий ($\Delta\psi$) до и после экспрессии smARF в течение 48 часов. В качестве положительного контроля деполяризации митохондрий использовали CCCP. Анализ показал, что индукция smARF вызывает

статистически значимую деполяризацию митохондрий (рис. 3 — Б), что, по мнению исследователей, может приводить к индукции митофагии [7]. Электронно-микроскопическое исследование клеток U2OS-smARF выявило изменение формы митохондрий («набухание») в клетках после активации smARF (рис. 3 — А). Изменение величины, формы и внутренней структуры митохондрий является одним из проявлений их деградации, что может индуцировать митофагию [16].

Для подтверждения индукции митофагии вследствие экспрессии smARF мы исследовали накопление аутофагосом в клетках U2OS-smARF. Клетки трансфицировали вектором GFP-LC3, содержащим белок аутофагосом LC3 с зеленой меткой GFP. Конфокальная микроскопия выявила, что активация smARF повышала количество клеток, содержащих более четырех GFP-положительных аутофагосом, что свидетельствует о стимуляции митофагии (рис. 4-А, Б). Индукция wt ARF применялась в качестве положительного, а ARFc делецией (1–100 ARF) в качестве негативного контроля образования аутофагосом в данном эксперименте.

Так как активация деградации митохондрий сопровождается образованием аутофагосом, в которые доставляются поврежденные митохондрии, одним из методов изучения митофагии является исследование колокализации аутофагосом с митохондриями при окрашивании их разными флюорохромами методом конфокальной микроскопии. Следуя данной методике, клетки остеосаркомы U2OS-smARF трансфицировали вектором GFP-

клеточная линия U2OS-smARF

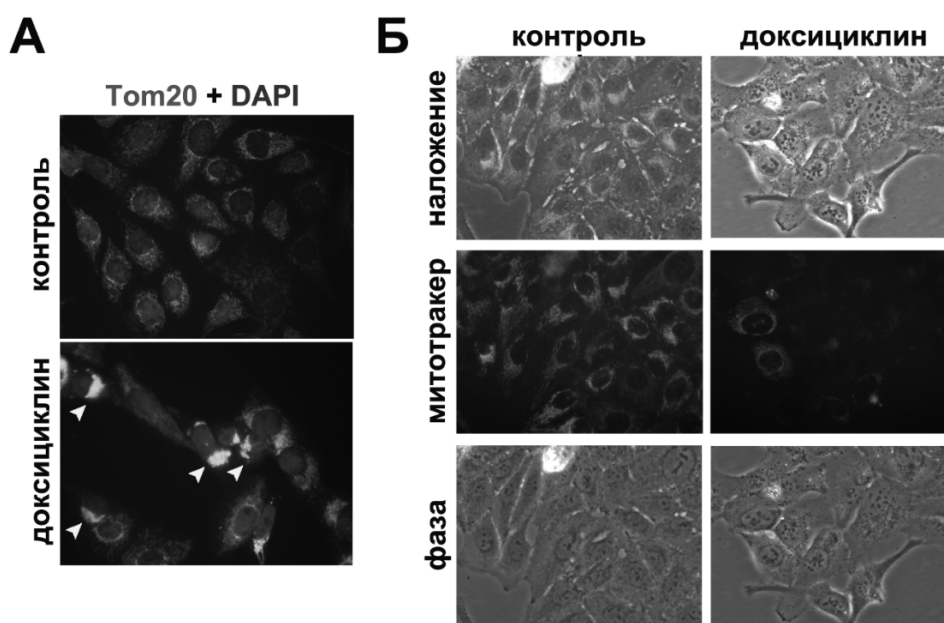


Рис. 5. Индукция smARF вызывает кластеризацию митохондрий в перинуклеарном пространстве и снижает их общую массу в клетке.

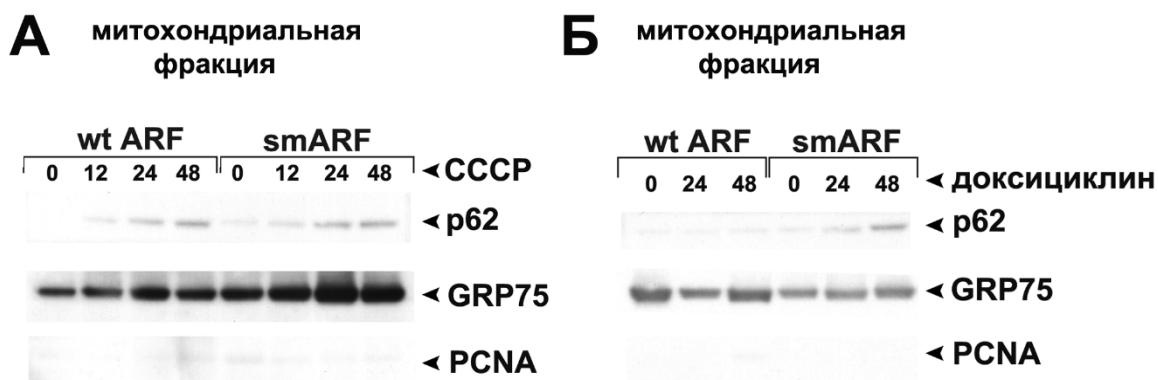


Рис. 6. Количественный анализ адаптора аутофагии белка p62 методом иммуноблоттинга.

LC3 и окрашивали митохондрии красителем митотракером красным. Индукция smARF вызвала окрашивание митохондрий в желтый цвет вследствие совпадения интенсивности этих двух флуоресценций (рис. 4-B). Это означает, что митохондрии локализованы в тех же субклеточных компартаментах как и зеленый белок аутофагосом и свидетельствует об активации митофагии.

Признаком митофагии является также снижение общей массы митохондрий и фрагментация

их с формированием кластеров вокруг ядра. Нами проведена конфокальная микроскопия клеток остеосаркомы с суперэкспрессией smARF после окрашивания белка митохондрий Tom20 флуорохромом FITC и ядер красителем DAPI. Образование кластеров митохондрий в околоядерном пространстве клеток с повышенной экспрессией smARF наблюдалось у большинства клеток (рис. 5-A). Исследование динамики уменьшения массы митохондрий, являющаяся признаком деградации митохондрий, про-

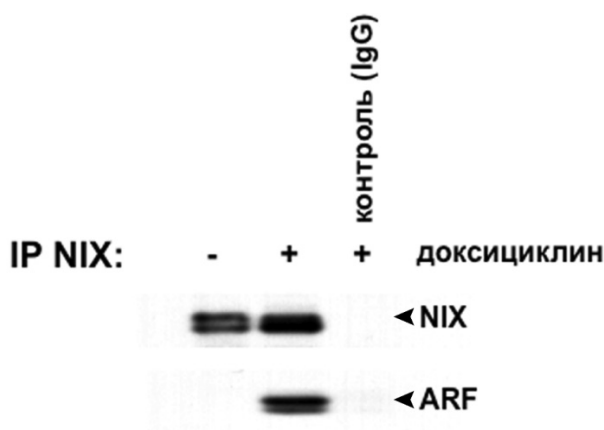


Рис. 7. Реакция коиммунопреципитации белка NIX с белком smARF до и после инкубации клеток остеосаркомы с доксициклином.

водили с использованием красителя митотракера зеленого (от англ. MitoTracker Green). Конфокальная микроскопия показала, что активация smARF в течение 48 часов существенно снизила зеленую флуоресценцию, ассоциированную с митохондриями, что свидетельствует о снижении общей массы митохондрий (рис. 5-Б).

Показано, что поврежденные митохондрии распознаются белком-адаптором аутофагии p62 и направляются в аутофагосомы для деградации [18]. Нами был проведен количественный анализ белка p62 в изолированных митохондриях клеток остеосаркомы, инкубированных с доксициклином для индукции wt ARF или smARF, а также с активатором митофагии — CCCP в качестве положительного контроля к данному эксперименту. Инкубация клеток с CCCP вызывала накопление p62 на деполаризованных митохондриях обеих клеточных линий (рис. 6 — А). Однако только активация smARF доксициклином приводила к аккумуляции p62 на поврежденных митохондриях (рис. 6 — Б), что свидетельствует о повреждении митохондрий и индукции митофагии.

Одним из известных медиаторов митофагии является белок митохондрий NIX, способный направлять разобщенные митохондрии в аутофагосомы для деградации [4]. Если активированный smARF взаимодействует с белком NIX в митохондриях, это опосредует процесс митофагии, вызванный индукцией smARF.

Для подтверждения этого предположения была проведена реакция иммунопреципитации белка NIX с белком smARF в клетках U2OS-smARF, инкубированных с доксициклином для повышения экспрессии smARF. Эксперименты показали, что smARF действительно образует комплекс с белком NIX (рис. 7).

Заключение

На основании проведенных экспериментов можно констатировать, что укороченная митохондриальная форма ARF (smARF) активирует селективную деградацию митохондрий — митофагию. Одним из возможных механизмов активации smARF — опосредованной митофагии может быть взаимодействие smARF с белком — регулятором митофагии NIX.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ashafi G., Schwarz TL. The pathways of mitophagy for quality control and clearance of mitochondria // *Cell death and differentiation*. — 2013. — № 20. — P. 31–42.
2. Balaburski G.M., Hontz R. D., Murphy M. E. p53 and ARF: unexpected players in autophagy // *Trends Cell Biol.* — 2010. — № 20 (6). — P. 363–369.
3. Bernardini JP, Lazarou M., Dewson G. Parkin and mitophagy in cancer // *Oncogene*. — 2017. — № 36. — P. 1315–1327.
4. Chourasia A.H., Boland M. L., Macleod K. F. Mitophagy and cancer // *Cancer and metabolism*. — 2015. — № 3 (4).
5. Ding Wen-Xing, Yin Xiao-Ming Mitophagy: mechanisms, pathophysiological roles, and analysis // *Biol Chem.* — 2012. — № 393 (7). — P. 547–564.
6. Fontana R., Vivo M. Dynamics of p14 ARF and focal adhesion kinase-mediated autophagy in cancer // *Cancers*. 2018. № 10. P. 221.
7. Grenier K., Kontogianna M., Fon EA. Short mitochondrial ARF triggers Parkin/Pink1-dependent mitophagy // *J Biol Chem.* — 2014. — № 289 (43). — P.29519–30.
8. Kulikov A.V., Luchkina E. A., Gogvadze V., et al. Mitophagy: Link to cancer development and therapy // *Biochemical and biophysical research communications*. — 2017. — № 482. — P. 432–439.
9. Moscat J., Karin M., Diaz-Meco M.T. P62 in cancer: signaling adaptor beyond autophagy // *Cell*. — 2016. — № 167 (3). — P. 606–609.

10. Pimkina J., Humbey O., Zilfou J. T., et al. ARF induces autophagy by virtue of interaction with Bcl-xl // *Journal of biological chemistry*. — 2009. — № 5 (284). — P. 2803–2810.
11. Ravinkumar B., Moreau K., Jahreiss L. et al. Plasma membrane contributes to the formation of pre-autophagosomal structures // *Nat Cell Biol* — 2010. — Vol. 12(8). — P. 747–757.
12. Reef S., Kimchi A. Nucleolar p19ARF unlike mitochondrial smARF is incapable of inducing p53-independent autophagy // *Autophagy* — 2008. — № 4 (7). — P. 866–869.
13. Um J.H., Yun J. Emerging role of mitophagy in human diseases and physiology // *BMB Rep.* — 2017. — № 50 (6). — P. 299–307.
14. White E. Autophagy and p53 // *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*. — 2016. — № 6 (4).
15. White E. The role of autophagy in cancer // *J Clin Invest*. — 2015. — № 125 (1). — P. 42–46.
16. Youle R. J. Mechanisms of mitophagy // *Nat Rev Mol Cell Biol*. — 2011. — № 12 (1). — P. 9–14.
17. Zhang H.M., Li S. P., Yu Y., et al. Bi-directional roles of IRF-1 on autophagy diminish its prognostic value as compared with Ki67 in liver transplantation for hepatocellular carcinoma // *Oncotarget*. — 2016. — № 7 (25). — P. 37979–37992.
18. Zhang Q., Kuang H., Chen C., et al. Jnk2 promotes stress-induced mitophagy and suppresses inflammasome activation by targeting smARF for degradation // *Nat Immunol*. — 2015. — № 16 (5). — P. 458–466.
19. Zhu J., Wang K. ZQ, Chu C. Mitochondrial biogenesis, mitophagy, and cell survival // *Autophagy*. — 2013. — № 9 (11). — P. 1663–1676.

© Соловьев Александр Семенович (Aleksolo46@yandex.ru), Будина Анна Павловна, Анащенко Татьяна Александровна.
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Смоленск

ВЛИЯНИЕ НОКОДАЗОЛА НА КИНЕТИКУ ДЕПРОТЕИНИЗАЦИИ ВАРИАНТОВ ЭХОВИРУСА 11, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ARF6-АССОЦИИРОВАННЫЙ И КЛАТРИН-ЗАВИСИМЫЙ ПУТИ ИНТЕРНАЛИЗАЦИИ В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК RD

EFFECTS OF NOCODAZOLE ON THE KINETICS OF ECHOVIRUS 11 VARIANTS UNCOATING AFTER ARF6-ASSOCIATED OR CLATHRIN- DEPENDENT INTERNALIZATION IN RD CELLS

P. Usoltseva
A. Novoselov
A. Rezaykin
A. Sergeev
A. Alimov

Summary. The article presents a comparative study of the uncoating kinetics for the echovirus 11 variants that use different binding receptors (DAF or FcRn) and endocytic pathways (Arf6-associated or clathrin-dependent) to enter human rhabdomyosarcoma (RD) cells. Various effects of nocodazole were revealed by comparing kinetics of the infectious activity in the single cycle growth experiments with echovirus 11 variants. An increased concentration of FcRn in the perinuclear area of the cells was observed by immunofluorescence. A hypothesis of the intracellular convergence for the traffic of the echovirus 11 complex with the binding receptor DAF and the uncoating receptor FcRn in the perinuclear endocytic recycling compartment is discussed.

Keywords: uncoating, echovirus, cell receptors, DAF, FcRn.

Усольцева Полина Сергеевна

Аспирант, ФГБОУ ВО «Уральский государственный
медицинский университет» Минздрава РФ
(г. Екатеринбург); н.с., Екатеринбургский научно-
исследовательский институт вирусных инфекций
ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора
savina_polina@mail.ru

Новоселов Алексей Владимирович

К.м.н., врач клинической лабораторной
диагностики, ООО Медико-фармацевтический Центр
«Гармония» (г. Екатеринбург)
virus_science@mail.ru

Резайкин Алексей Васильевич

К.м.н., в.н.с., Екатеринбургский научно-
исследовательский институт вирусных инфекций
ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора
alexrez@yandex.ru

Сергеев Александр Григорьевич

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Уральский
государственный медицинский университет»
Минздрава РФ (г. Екатеринбург)
aldr131250@yandex.ru

Алимов Александр Викторович

К.м.н., Екатеринбургский научно-исследовательский
институт вирусных инфекций ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор»
Роспотребнадзора
virus@eniivi.ru

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ кинетики депро-
теинизации вариантов эховируса 11 типа, использующих для входа в клетки
рабдомиосаркомы человека (RD) различные связывающие рецепторы (DAF
или FcRn) и пути эндоцитоза (Arf6-ассоциированный или клатрин-зависи-
мый). Выявлено различное влияние нокодазола на кинетику инфекционной
активности вариантов эховируса 11 в экспериментах с одиночным циклом
репродукции. В перинуклеарной зоне клеток иммунофлуоресцентным ме-
тодом выявлена повышенная концентрация FcRn. Обсуждается гипотеза
конвергенции внутриклеточного трафика комплекса эховируса 11 с реце-
птором DAF и депротеинизирующего рецептора FcRn в перинуклеарном эндо-
цитозном рециркулирующем компартменте.

Ключевые слова: депротеинизация, эховирус, клеточные рецепторы, DAF, FcRn.

Введение

Исследования молекулярных механизмов входа вирусов животных в чувствительные клетки не теряют своей актуальности на протяжении последних пяти десятилетий [7]. Ранее нами были подробно рассмотрены пути интернализации и внутриклеточного трафика отдельных представителей вида *Enterovirus B* [2]. Ключевым вопросом в изучении ранних событий цикла репродукции энтеровирусов вида B, в частности — эховирусов, является идентификация внутриклеточного компартмента, в котором происходит депротенинизация и последующая транслокация геномной РНК в цитозоль.

Эховирусы являются удобной моделью для исследования ранних событий в цикле репродукции энтеровирусов вида B, поскольку известен как общий депротенинирующий рецептор для всех типов эховирусов — неонатальный Fc рецептор (FcRn) [1, 12, 20], так и различные связывающие рецепторы, одним из которых является фактор, ускоряющий распад комплекта — DAF (CD55). Вирусы используют пути интернализации и внутриклеточного трафика, функционирующие в незараженных клетках, поэтому маршрутизация вирус-рецепторных комплексов определяется типом клеточного рецептора (рецепторов) и его (их) трафиком. Цитоплазматический сегмент альфа-цепи FcRn у человека, мыши и крысы содержит консервативную сигнальную последовательность, обеспечивающую взаимодействие с адапторным комплексом AP-2 в клатрин-зависимом пути эндоцитоза [15]. Эндоцитоз DAF происходит по Arf6-ассоциированному клатрин-независимому пути, маркером которого является ГТФаза Arf6 [4, 11].

Stuart et al. было показано [17], что в культуре клеток RD интернализация Daf+ варианта эховируса 11 типа (E11), использовавшего связывающий рецептор DAF, происходила по клатрин-независимому пути (учитывая тип рецептора и спектр чувствительности к фармакологическим ингибиторам — Arf6-ассоциированному). Также было показано, что Daf- вариант E11, не взаимодействовавший с DAF, проявлял слабую чувствительность к хлорпромазину — ингибитору клатрин-зависимого пути эндоцитоза FcRn. Нокодазол — ингибитор зависимо от микротрубочек транспорта везикул — блокировал репродукцию Daf+ варианта E11, предотвращая его депротенинизацию, в то время как Daf- вариант E11 был нечувствителен к действию нокодазола.

Внутриклеточный трафик вирус-рецепторных комплексов в составе транспортных везикул происходит от периферической зоны цитоплазмы к ядру клеток с использованием микротрубочек и требует времени. Так как взаимодействие с общим депротенинирующим

рецептором FcRn у Daf- вариантов E11 происходит на плазматической мембране клеток RD, а у Daf+ вариантов — внутри клеток, то различие путей интернализации и трафика должно отражаться на тайминге (сроках наступления и продолжительности) ранних событий цикла репродукции Daf+ и Daf- вариантов. Сравнение кинетики депротенинизации Daf+ и Daf- вариантов E11 в одиночном цикле репродукции (ОЦР) позволяет оценить тайминг и интенсивность ранних событий в цикле репродукции эховирусов, использующих различные пути входа в клетки RD.

Целью настоящей работы было изучение в культуре клеток RD эффектов нокодазола на кинетику инфекционной активности в ОЦР полученных и охарактеризованных нами ранее *daf+* и *daf-* клонов E11 [14]. Представляло интерес решение следующих задач: 1) сравнение тайминга депротенинизации *daf+* и *daf-* клонов E11 в экспериментах с ОЦР без нокодазола; 2) выявление изменений тайминга депротенинизации *daf+* и *daf-* клонов E11 при воздействии нокодазола; 3) выяснение локализации FcRn в незараженных клетках RD с помощью непрямой иммунофлуоресцентной микроскопии.

Материалы и методы

Перевиваемая клеточная линия RD (клетки рабдомиосаркомы человека) была получена из ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Свердловской области» Роспотребнадзора. Для проведения экспериментов клетки выращивали в культуральных пластиковых флаконах и 96-луночных планшетах (Corning, США) при температуре 37°C в атмосфере 5% CO₂ до образования плотного монослоя. В качестве ростовой среды использовали среду Игла MEM (ПанЭко, РФ) с добавлением 10% эмбриональной телячьей сыворотки (Biosera, Франция). В качестве среды поддержания использовали среду 199 (ПанЭко, РФ) без добавления сыворотки.

Гемагглютинирующий (Daf+) клон 431-1 E11, использующий DAF в качестве первичного клеточного рецептора, и негемагглютинирующий (Daf-) клон 431-6 E11, использующий клеточный рецептор FcRn, были получены и охарактеризованы ранее [14].

Схема эксперимента по ОЦР клонов E11 предусматривала следующие этапы. Для синхронизации начала инфекционного цикла, после замены среды роста на среду поддержания, флаконы с монослоем клеток RD охлаждали 20 минут при температуре 4°C. После удаления среды поддержания, во флаконы вносили по 400 мкл вирусосодержащей среды из расчета множественности заражения 10 БОЕ на клетку. Флаконы инкубировали 45 минут при 4°C на платформе покачивателя, затем клетки трехкратно отмывали от несвязавшегося вируса

Таблица 1. Результаты определения инфекционной активности клонов 431–1 и 431–6 в одиночном цикле репродукции в присутствии нокодазола и без него.

| Время ¹ (минуты) | Инфекционная активность Ig(TЦД ₅₀)/мл (M ± s) ² | | | |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|---------------|
| | Клон 431–1 | | Клон 431–6 | |
| | без нокодазола | с нокодазолом | без нокодазола | с нокодазолом |
| 0 | 6,8±0,24 | 6,9±0,21 | 6,6±0,21 | 5,6±0,15 * |
| 30 | 5,9±0,23 | 6,5±0,15 * | 6,5±0,15 | 5,2±0,17 * |
| 60 | 5,4±0,24 | 6,6±0,01 * | 6,2±0,23 | 4,8±0,01 * |
| 120 | 5,1±0,17 | 6,2±0,15 * | 5,9±0,23 | 5,0±0,15 * |
| 180 | 6,6±0,21 | 6,6±0,27 | 6,5±0,15 | 5,1±0,15 * |
| 210 | 6,8±0,15 | 7,8±0,01 * | 6,9±0,17 | 5,2±0,17 * |
| 240 | 8,9±0,15 | 8,0±0,23 * | 8,1±0,17 | 5,9±0,15 * |
| 300 | 9,0±0,15 | 8,9±0,23 | 8,3±0,15 | 7,2±0,21 * |
| 420 | 9,0±0,21 | 9,2±0,23 | 9,0±0,21 | 7,7±0,23 * |

Примечания.

¹ Время от начала ОЦР с момента переноса флаконов с культурой клеток после адсорбции вируса в CO₂-инкубатор (для нагрева до 37°C).

² M — средняя величина инфекционной активности; s — стандартная ошибка.

* Статистически достоверное (p<0,05) различие инфекционной активности в экспериментах с нокодазолом и без него.

охлажденной до 4°C средой 199. Далее в каждый флакон добавляли по 5 мл среды 199 комнатной температуры и переносили флаконы в инкубатор для нагрева до 37°C. Через определенные интервалы времени репродукцию вируса прерывали методом лизиса клеток с помощью трехкратного замораживания (при -70°C) и оттаивания (при 37°C).

Нокодазол (Sigma-Aldrich/Merck, Германия, кат. № M1404–2MG) разводили в среде 199 до конечной концентрации 1,8 мкг/мл. Цитотоксический эффект нокодазола определяли с помощью двукратного разведения раствора, начиная с 3,6 мкг/мл до 0,45 мкг/мл, жизнеспособность клеток оценивали методом прижизненного окрашивания трипановым синим через 72 часа. После удаления ростовой среды, в культуральные флаконы с монослоем клеток RD вносили по 10 мл среды 199, содержащей нокодазол, затем инкубировали флаконы 40 минут при 37°C и 20 минут при 4°C. Далее эксперимент с ОЦР вирусов проводили по описанной выше схеме, но на всех этапах использовали среду 199 с добавлением нокодазола.

Инфекционную активность вирусосодержащих жидкостей определяли методом конечных разведений на культуре клеток RD, выращенной в 96-луночных культуральных планшетах (Corning, США). Состояние монослоя учитывали с помощью инвертированного микроскопа ежедневно, окончательный учет результатов проводили на 5-е сутки после фиксации монослоя 96% раствором этилового спирта и последующей окраски 0,5% раствором кристалвиолета. Для каждого разведения исполь-

зовали не менее 8 реплик. Инфекционную активность, выраженную в десятичных логарифмах величины 50% тканевой цитопатогенной дозы в 1 мл (lgTЦД₅₀/мл), определяли по формуле Spearman-Kärber с расчетом суммарной аналитической погрешности [8]. Для статистического сравнительного анализа использовали стандартные методы вариационной статистики. Различия между величинами считали статистически достоверными при условии, что вероятность ошибки первого рода не превышала 0,05.

Определение локализации FcRn в клетках RD проводили с помощью непрямой иммунофлуоресцентной микроскопии. Все этапы окраски, а также анализ флуоресценции проводили на клетках, выращенных в 48-луночных планшетах (Corning, США). Клетки фиксировали ледяным ацетоном 30 мин при 4 °C и пермеабелизовали 15 минут при 22 °C в фосфатном буфере (PBS) (ПанЭко, РФ) с добавлением 0,5% Triton X-100 (Sigma-Aldrich/Merck, Германия) и 1% BCA (Sigma-Aldrich/Merck, Германия). Затем клетки отмывали 3 раза PBS с 0,5% BCA и инкубировали с первичными антителами в течение 18 часов при 4 °C. В качестве первичных антител использовали поликлональные кроличьи антитела класса IgG к гетеродимеру человеческого FCGRT и B2M, (Sino Biological, Китай, кат. № СТ009-T08) в концентрации 10 мкг/мл. По окончании инкубации с первичными антителами, клетки трижды отмывали PBS с 0,5% BCA (с временем выдержки 5, 15 и 25 минут), затем инкубировали 1 час при 22°C без доступа света со вторичными Alexa Fluor® 647-конъюгированными анти-кроличьими антителами (Abcam, Великобритания, кат. № ab150075) в концентрации 2 мкг/мл.

В качестве негативного контроля для целевого антигена при непрямой иммунофлуоресцентной микроскопии клеток RD использовали культуру клеток MDCK (эпителиоподобная клеточная линия почки собаки), в которой отсутствовал человеческий FcRn. Так как ядра клеток не окрашивали, то, для локализации специфической флуоресценции в клетках, изображения, полученные с помощью световой микроскопии, конвертировали в полупрозрачные слои, которые позиционировали над фоновыми изображениями, полученными при флуоресцентной микроскопии того же самого поля зрения.

Результаты

Влияние нокодазола на кинетику изменения инфекционной активности *daf*⁺ и *daf*⁻ клонов экзовируса 11 в одиночном цикле репродукции

Кинетика изменения инфекционной активности *daf*⁺ и *daf*⁻ клонов E11 в ОЦР в культуре клеток RD представлена в таблице 1.

Сравнение инфекционной активности *daf*⁺ клона 431-1 и *daf*⁻ клона 431-6 E11 в начале ОЦР (0 минут) не выявило статистически достоверного различия ($p > 0.05$). При условиях одинаковой множественности заражения (10 БОЕ/клетку) и предварительной инкубации охлажденных до 4 °С клеток с вирусами, полученный результат указывал на приблизительно одинаковый уровень связывания двух клонов с клетками. Данное наблюдение позволяет предположить отсутствие существенного различия экспрессии рецепторов DAF и FcRn в условиях охлаждения клеток RD до 4 °С.

На интервале от 30 до 120 минут инкубации при 37 °С инфекционная активность *daf*⁺ клона 431-1 постепенно снижалась почти на 2 порядка величины, в то время как снижение инфекционной активности *daf*⁻ клона 431-6 было менее выраженным, достигавшим статистически достоверного различия по сравнению с точкой 0 лишь через 120 минут. На данном интервале скорость депротеинизации РНК у *daf*⁺ клона 431-1 существенно превышала скорость депротеинизации РНК у *daf*⁻ клона 431-6. При сопоставимом уровне связывания двух клонов с клетками, полученный результат указывал на более высокую пропускную способность Arf6-ассоциированного пути интернализации комплекса E11 с рецептором DAF по сравнению с пропускной способностью клатрин-зависимого пути интернализации комплекса E11 с рецептором FcRn.

Через 180 и 210 минут инкубации при 37 °С у обоих клонов наблюдалось увеличение инфекционной активности приблизительно до одинакового уровня. Синхронность увеличения инфекционной активности через 180 и 210 минут указывала на то, что различная пропуск-

ная способность Arf6-ассоциированного и клатрин-зависимого путей интернализации вирус-рецепторного комплекса не влияла на срок начала инкапсидации геномной РНК.

Дальнейшее нарастание инфекционной активности имело различную кинетику: у *daf*⁺ клона 431-1 инфекционная активность достигала максимума через 240 мин, у *daf*⁻ клона 431-6 — через 420 мин инкубации при 37 °С. Более высокая скорость инкапсидации у *daf*⁺ клона 431-1, вероятно, обусловлена более короткой продолжительностью и более высокой интенсивностью предшествующих инкапсидации событий цикла репродукции вируса.

Воздействие нокодазола не повлияло на начальный уровень связывания *daf*⁺ клона 431-1 с клетками, что предполагает отсутствие снижения экспрессии рецептора DAF в присутствии нокодазола. Наблюдалось статистически достоверное ($p < 0.05$) снижение скорости депротеинизации *daf*⁺ клона на интервале от 30 до 120 минут, что соответствует результатам, полученным Stuart et al. [17] методом иммунофлуоресцентной микроскопии. Выявлена задержка выхода графика ОЦР на максимальную инфекционную активность — через 300 минут с нокодазолом по сравнению с 240 минутами без нокодазола, что при одинаковом уровне максимальной инфекционной активности указывает на увеличение продолжительности событий цикла репродукции, предшествующих инкапсидации.

Добавление нокодазола в экспериментальную систему при репродукции *daf*⁻ клона 431-6 вызвало статистически достоверное снижение ($p < 0.05$) начального уровня связывания вируса с клетками, что, вероятно, отражало снижение экспрессии рецептора FcRn на плазматической мембране по причине нарушения его рециркуляции. Инфекционная активность *daf*⁻ клона 431-6 в присутствии нокодазола на всех интервалах времени имела величины приблизительно на порядок меньшие по сравнению с величинами в отсутствие нокодазола.

Иммунофлуоресцентная локализация FcRn в клетках RD

Наибольшая интенсивность флуоресценции наблюдалась в перинуклеарной области клеток RD по сравнению с менее интенсивной диффузной флуоресценцией периферической зоны цитоплазмы. Перинуклеарная локализация FcRn проявлялась в виде асимметричного светящегося пятна в околоядерной зоне: либо с одной стороны от ядра клеток (юкстануклеарно), либо в виде яркой флуоресценции по периметру ядра (рисунки 1). В отрицательном контроле на клетках MDCK специфического свечения не наблюдалось.

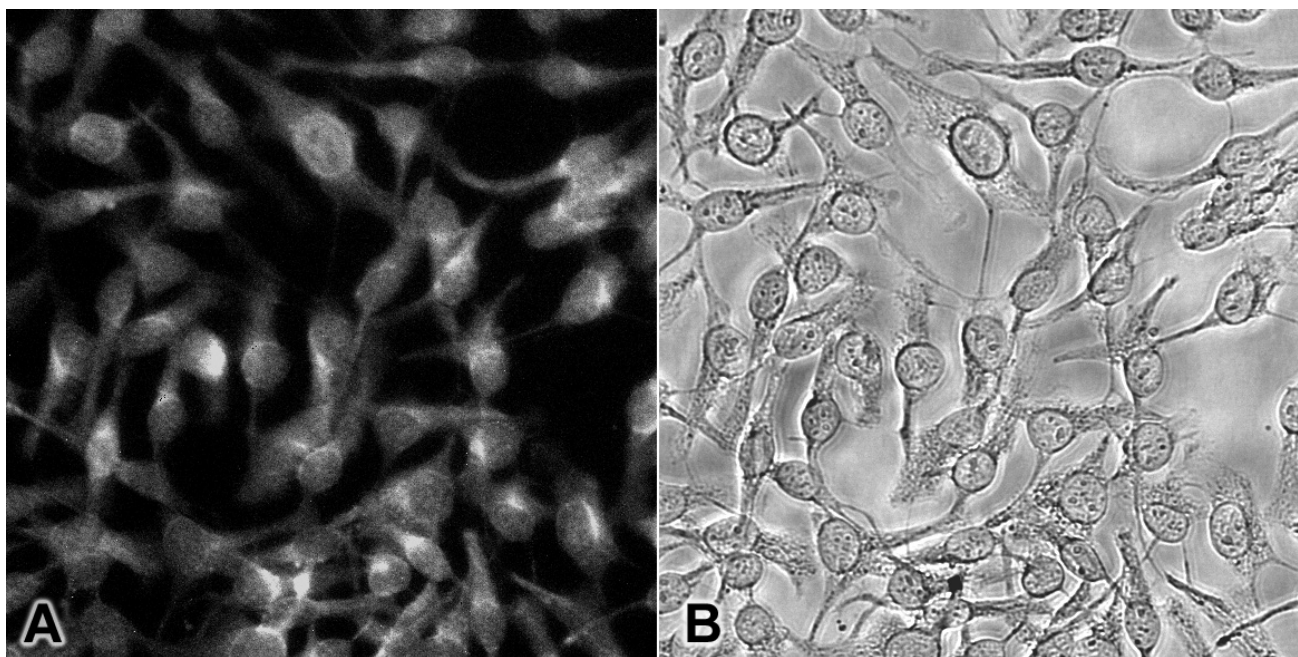


Рис. 1. Непрямая иммунофлуоресцентная микроскопия культуры клеток RD. Увеличение x400. (A) Клетки RD, обработанные поликлональными антителами к FcRn (10 мкг/мл) и вторичными антителами (2 мкг/мл), конъюгированными с флуорохромом. (B) Тот же кадр в световой микроскопии.

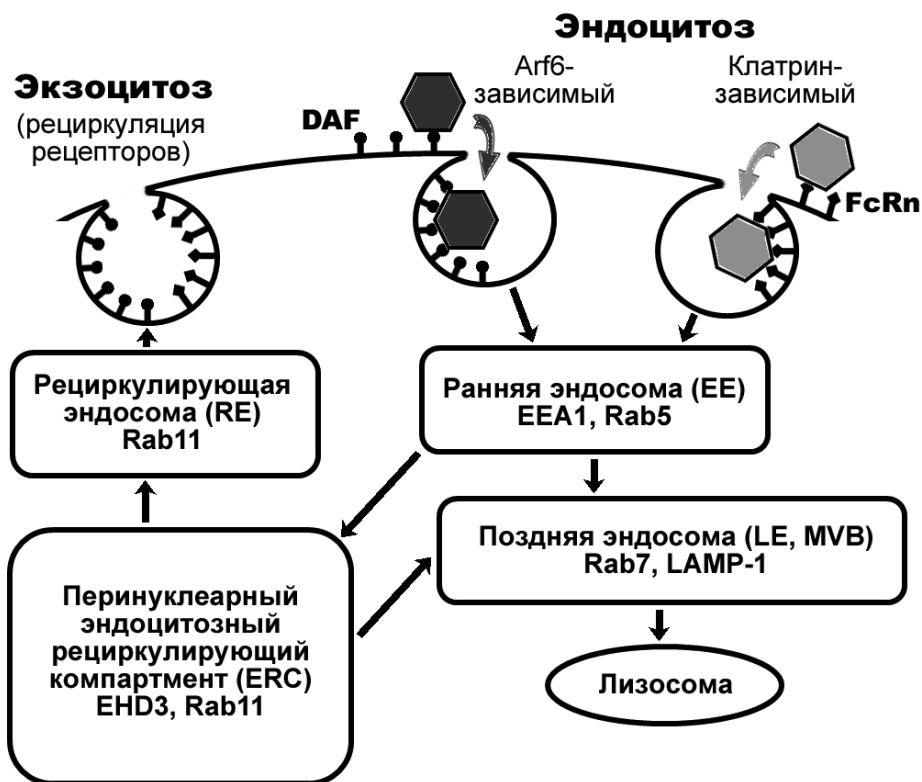


Рис. 2. Сокращенная схема внутриклеточного трафика транспортных везикул, участвующих в эндоцитозе лигандов, связанных с DAF и FcRn (по [4]).

Обсуждение

Сокращенная схема внутриклеточного трафика транспортных везикул, участвующих в эндоцитозе лигандов, связанных с DAF и FcRn, представлена на рисунке 2, согласно [4]. Конвергенция путей Arf6-ассоциированного эндоцитоза DAF и клатрин-зависимого эндоцитоза FcRn может происходить либо в ранних (сортирующих) эндосомах (EE/SE), несущих маркеры EEA1 и Rab5, либо в перинуклеарном эндоцитозном рециркулирующем компартменте (ERC), несущем маркеры Rab11 и EHD3. Возможен дальнейший трафик рецепторов из ERC через позднюю (мультивезикулярную) эндосому (LE/MVB) по деградационному пути в лизосому.

FcRn является рециркулирующим рецептором, осуществляющим возврат к плазматической мембране и экзоцитоз IgG и альбумина после их захвата в ранних эндосомах [15]. Трафик FcRn из ранних эндосом по рециркуляторному пути [5] происходит либо в составе транспортных везикул с маркером Rab4 в перинуклеарный ERC и далее из ERC — в транспортных везикулах с маркером Rab11a к плазматической мембране (медленная рециркуляция), либо из ранней эндосомы непосредственно к плазматической мембране — в транспортных везикулах, несущих маркер Rab11 (быстрая рециркуляция).

Рассматривая раннюю эндосому в качестве места конвергенции путей Arf6-ассоциированного эндоцитоза DAF и клатрин-зависимого эндоцитоза FcRn, необходимо учитывать, что в клетках RD эти пути не синхронизированы, так как имеют различный тайминг и пропускную способность. Arf6-ассоциированный эндоцитоз DAF является постоянно функционирующим (конститутивным) и обеспечивает более высокую пропускную способность, исходя из наблюдавшейся скорости депротенинизации *daf*⁺ клона 431-1. Клатрин-зависимый эндоцитоз FcRn является индуцированным, в частном случае — эховирусом, и имеет более низкую пропускную способность, исходя из наблюдавшейся скорости депротенинизации *daf*⁻ клона 431-6. Кроме того, было установлено [19], что в клетках HeLa эндосомы, исходно образующиеся в результате клатрин-зависимого и клатрин-независимого эндоцитоза, хотя и сливаются с ранними эндосомами, однако трафик интернализованных рецепторов из ранних эндосом в ERC (по рециркуляторному пути) осуществляется различными транспортными везикулами. Везикулярные эндосомы, несущие маркер Rab11a, транспортируют рецепторы (трансферрина, ЛПНП), интернализованные по клатрин-зависимому пути, а тубулярные рециркулирующие эндосомы, несущие маркер MICAL-L1, транспортируют молекулы, интернализованные по клатрин-независимому пути (CD59, CD98, β 1-интегрин и другие). Таким образом, ранние эн-

досомы едва ли являются подходящим местом для конвергенции путей трафика комплекса E11 с DAF и трафика депротенинизирующего рецептора FcRn.

Stuart et al. было показано [17], что предварительная инкубация клеток RD с нокодазолом не препятствовала интернализации *Daf*⁺ варианта E11, но через 60 минут вирус обнаруживался в везикулярных структурах, рассеянных по цитоплазме клеток, в отличие от перинуклеарной локализации таких везикул в интактных клетках. Подавление репродукции *Daf*⁺ варианта E11 нокодазолом было обусловлено тем, что для депротенинизации и(или) транслокации РНК *Daf*⁺ варианта необходим трафик в более поздний компартмент.

Известно, что молекулы ГКГ класса I (MHC-I) в дендритных клетках накапливаются в концентрированных пулах в перинуклеарном ERC, в компартментах, несущих маркер Rab11a, образуя резерв MHC-I для доставки в фагосомы [13]. Обработка дендритных клеток нокодазолом приводила к рассредоточению перинуклеарного ERC с рассеиванием резервуара MHC-I на мелкие пулы в периферической зоне клеток. Так как молекула FcRn относится к MHC-I, то, допуская наличие аналогичного резервуара MHC-I в клетках RD, можно предположить, что ингибирующее действие нокодазола на репродукцию *Daf*⁺ варианта E11 в клетках RD связано с блокированием трафика вируса в перинуклеарный ERC. Полученные нами результаты иммунофлуоресцентной микроскопии незараженных клеток RD с антителами к рецептору FcRn выявили его перинуклеарную локализацию, что позволяет предположить наличие пула FcRn в перинуклеарном ERC в клетках RD. В пользу предположения о конвергенции внутриклеточного трафика DAF и FcRn в перинуклеарном ERC свидетельствует отсутствие закисления внутренней среды эндосом, в которых обнаруживались эховирусы 1 и 7 типа [9, 10].

Анализ изображений иммунофлуоресценции капсидного белка VP3 E11, представленных в работе [17], показал, что в культуре клеток RD у *Daf*⁺ варианта E11 отсутствовала флуоресценция белка VP3 через 2 часа после заражения (p.i.), в то время как через 4 часа p.i. оба варианта E11 (*Daf*⁺ и *Daf*⁻) имели одинаково высокий уровень флуоресценции с яркой зернистостью в перинуклеарной зоне. Наблюдавшееся отсутствие флуоресценции VP3 у *Daf*⁺ варианта E11 через 2 часа p.i. согласуется с относительно большей скоростью депротенинизации использованного в нашей работе *daf*⁺ клона 431-1 по сравнению с *daf*⁻ клоном 431-6. Sobo et al. [16] наблюдали яркие очаги иммунофлуоресценции в поляризованных клетках Caco-2 также в перинуклеарной зоне у обоих вариантов E11 (*Daf*⁺ и *Daf*⁻) через 30 минут p.i., несмотря на различные пути их интернализации.

На модели липосом, декорированных FcRn, Zhao et al. было показано [20], что для депротенинизации эховируса 6 после взаимодействия с FcRn требуется закисление среды до pH 5,5. Если такое требование является универсальным для депротенинизации всех эховирусов, то следует предположить трафик вирус-рецепторных комплексов из ERC в позднюю (мультивезикулярную) эндосому, имеющую pH внутренней среды приблизительно 5,5 [3], где будет происходить депротенинизация и(или) транслокация РНК эховирусов. Вместе с тем, блокирование нокодазолом трафика, зависящего от микротрубочек, не предотвращало закисление внутренней среды транспортных везикул в клетках HeLa до pH 5,5, так как нокодазол не препятствовал депротенинизации риновируса RV-A2 [3].

Наблюдавшееся в наших экспериментах снижение инфекционной активности *daf*⁻ клона 431-6 на всех интервалах времени в присутствии нокодазола можно интерпретировать как нарушение функции репликативных комплексов E11, для формирования которых необходимы COPI везикулы [6], перемещающиеся внутри клеток с участием микротрубочек, разрушаемых нокодазолом [18].

Выводы

1. Исследование кинетики изменения инфекционной активности в одиночном цикле репродукции клонированного *daf*⁻ варианта эховируса 11, использующего рецептор FcRn и клатрин-зависимый путь

входа в клетку, выявило следующие эффекты нокодазола: 1) снижение начального уровня связывания вируса с клетками; 2) равномерное снижение продукции вирусного потомства на всех временных интервалах цикла.

- Исследование кинетики инфекционной активности в одиночном цикле репродукции клонированного *daf*⁺ варианта эховируса 11, использующего связывающий рецептор DAF с Arf6-ассоциированным путем эндоцитоза и внутриклеточный депротенинирующий рецептор FcRn, выявило следующие эффекты нокодазола: 1) отсутствие изменения начального уровня связывания вируса с клетками; 2) снижение скорости депротенинизации вирусной РНК на интервале 30–120 минут от начала цикла; 3) задержка выхода на максимальную инфекционную активность.
- Наиболее интенсивная иммуофлуоресценция FcRn наблюдалась в перинуклеарной зоне клеток RD по сравнению с менее интенсивной диффузной флуоресценцией периферической цитоплазмы.
- Учитывая различия путей эндоцитоза рецепторов DAF и FcRn в тайминге, пропускной способности и чувствительности к нокодазолу в клетках RD, а также рециркуляторную функцию рецептора FcRn и его перинуклеарную локализацию в интактных клетках, вероятным местом конвергенции внутриклеточного трафика комплекса эховируса 11 с рецептором DAF и депротенинирующего рецептора FcRn является перинуклеарный эндоцитозный рециркулирующий компартмент.

ЛИТЕРАТУРА

- Усольцева П.С., Алимов А.В., Резайкин А.В., Сергеев А.Г., Новоселов А.В. Роль неонатального Fc рецептора в депротенинизации вирусов ЕСНО и Коксаки А9. // Вопросы вирусологии. 2019. Т. 64, № 3. С. 132–139.
- Усольцева П.С., Новоселов А.В., Резайкин А.В., Сергеев А.Г., Алимов А.В. Механизмы интернализации энтеровирусов вида В. // Вестник уральской медицинской академической науки. 2018. Т. 15, № 3. С. 455–469.
- Bayer N., Schober D., Prchla E., Murphy R. F., Blaas D., Fuchs R. Effect of bafilomycin A1 and nocodazole on endocytic transport in HeLa cells: implications for viral uncoating and infection. // J. Virol. 1998. V.72, N.12. P. 9645–9655.
- Eyster C.A., Higginson J. D., Huebner R., Porat-Shliom N., Weigert R., Wu W. W., Shen R.-F., Donaldson J. G. Discovery of new cargo proteins that enter cells through clathrin-independent endocytosis. // Traffic. 2009. V.10, N.5. P. 590–599.
- Gan Z., Ram S., Ober R. J., Ward E. S. Using multifocal plane microscopy to reveal novel trafficking processes in the recycling pathway. // J. Cell Sci. 2013. V.126, Pt.5. P. 1176–1188.
- Gazina E.V., Mackenzie J. M., Gorrell R. J. Differential requirements for COPI coats in formation of replication complexes among three genera of Picornaviridae. // J. Virol. 2002. V.76, N.21. P. 11113–11122.
- Helenius A. Virus entry: looking back and moving forward. // J. Mol. Biol. 2018. V.430. P. 1853–1862.
- Husson-van Vliet J., Roussel P. Pipetting errors in viral titrations: a useful approach. // J. Virol. Methods. 1988. V.22, N.2–3. P. 183–190.
- Karjalainen M., Rintanen N., Lehtonen M., Kallio K., Maki A., Hellstrom K., Siljamaki V., Upla P., Marjomaki V. Echovirus 1 infection depends on biogenesis of novel multivesicular bodies. // Cell Microbiol. 2011. V.13, N.12. P. 1975–1995.
- Kim C., Bergelson J. M. Echovirus 7 entry into polarized intestinal epithelial cells requires clathrin and Rab7. // mBio. 2012. V.3, N.2. e304–11.
- Mayor S., Parton R. G., Donaldson J. G. Clathrin-independent pathways of endocytosis. // Cold Spring Harb. Perspect. Biol. 2014. V.6, N.6. pii: a016758.
- Morosky S., Wells A. I., Lemon K., Evans A. S., Schamus S., Bakkenist C. J., Coyne C. B. The neonatal Fc receptor is a pan-echovirus receptor. // Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2019. V.116, N.9. P. 3758–3763.

13. Nair-Gupta P, Baccarini A., Tung N., Seyffer F., Florey O., Huang Y., Banerjee M., Overholtzer M., Roche P. A., Tampe R., Brown B. D., Amsen D., Whiteheart S. W., Blander J. M. TLR signals induce phagosomal MHC-I delivery from the endosomal recycling compartment to allow cross-presentation. // *Cell*. 2014. V.158, N.3. P. 506–521.
14. Novoselov A.V., Rezakyn A. V., Sergeev A. G., Fadeyev F. A., Grigoryeva J. V., Sokolova Z. I. A single amino acid substitution controls DAF-dependent phenotype of echovirus 11 in rhabdomyosarcoma cells. // *Virus Res*. 2012. V.166, N.1–2. P. 87–96.
15. Sand K.M.K., Bern M., Nilsen J., Noordzij H. T., Sandlie I., Andersen J. T. Unraveling the interaction between FcRn and albumin: opportunities for design of albumin-based therapeutics. // *Front. Immunol*. 2015. V.5. P. 682.
16. Sobo K., Rubbia-Brandt L., Brown T. D.K., Stuart A. D., McKee T. A. Decay-accelerating factor binding determines the entry route of echovirus 11 in polarized epithelial cells. // *J. Virol*. 2011. V.85, N.23. P. 12376–12386.
17. Stuart A.D., Eustace H. E., McKee T.A., Brown T. D. K. A novel cell entry pathway for a DAF-using human enterovirus is dependent on lipid rafts. // *J. Virol*. 2002. V.76, N.18. P. 9307–9322.
18. Tomas M., Martinez-Alonso E., Ballesta J., Martinez-Menarguez J. A. Regulation of ER-Golgi intermediate compartment tubulation and mobility by COPI coats, motor proteins and microtubules. // *Traffic*. 2010. V.11, N.5. P. 616–625.
19. Xie S., Bahl K., Reinecke J. B., Hammond G. R., Naslavsky N., Caplan S. The endocytic recycling compartment maintains cargo segregation acquired upon exit from the sorting endosome. // *Mol. Biol. Cell*. 2016. V.27, N.1. P. 108–126.
20. Zhao X., Zhang G., Liu S., Chen X., Peng R., Dai L., Qu X., Li S., Song H., Gao Z., Yuan P., Liu Z., Li C., Shang Z., Li Y., Zhang M., Qi J., Wang H., Du N., Wu Y., Bi Y., Gao S., Shi Y., Yan J., Zhang Y., Xie Z., Wei W., Gao G. F. Human neonatal Fc receptor is the cellular uncoating receptor for Enterovirus B. // *Cell*. 2019. V.177, N.6. P. 1553–1565.e16.

© Усольцева Полина Сергеевна (savina_polina@mail.ru), Новоселов Алексей Владимирович (virus_science@mail.ru),
 Резайкин Алексей Васильевич (alexrez@yandex.ru),
 Сергеев Александр Григорьевич (aldr131250@yandex.ru), Алимов Александр Викторович (virus@eniivi.ru).
 Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Уральский государственный медицинский университет

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ОТКРЫТОЙ СЕТЕВОЙ АРХИТЕКТУРЫ NET LINX В СИСТЕМЕ CONTROL LOGIX

FEATURES OF IMPLEMENTATION OF THE NET LINX OPEN NETWORK ARCHITECTURE IN THE CONTROL LOGIX SYSTEM

**Yu. Bebikhov
G. Matul
A. Semenov**

Summary. The article discusses the implementation features of the open network architecture NET Linx in the Control Logix system. The analysis of the operation of the main types of networks included in this architecture of communication protocols in the framework of a standard three-level model of an automated process control system of an industrial enterprise is carried out. As a model for research and analysis, the Control Logix 1756 platform based on the 1756-A4 chassis with 1756-ENBT, 1756-CNB, 1756-DNB Series C switching modules and 1756-L55 processor was adopted. This configuration allows data transfer via Ethernet IP, Control Net, and Device Net protocols, which are related to the levels of operational control, automatic control, and input/output, respectively. The main scientific interest is the end-to-end transmission of information from the automatic control level to the input/output level, as well as the features of data conversion during transmission from one level to another, the effect of these transformations on the amount of delay in data transmission and throughput. The last parameters will be given special attention, since the system reaction rate and the stability of the delay value are key parameters for the operation of the automated process control system as a whole.

Keywords: network, architecture, automation, technological process, mining, NET Linx, Control Logix.

Бebихов Юрий Владимирович

*К.ф.-м.н., доцент, Политехнический институт
(филиал) СВФУ им. М. К. Аммосова в г. Мирном
bebikhov.yura@mail.ru*

Матул Глеб Андреевич

*Политехнический институт (филиал) СВФУ
им. М. К. Аммосова в г. Мирном
mailbox428@gmail.com*

Семёнов Александр Сергеевич

*К.ф.-м.н., доцент, Политехнический институт
(филиал) СВФУ им. М. К. Аммосова в г. Мирном
sash-alex@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассмотрены особенности реализации открытой сетевой архитектуры NET Linx в системе Control Logix. Проведен анализ работы основных типов сетей входящих в данную архитектуру протоколов связи в рамках стандартной трехуровневой модели автоматизированной системы управления технологическими процессами промышленного предприятия. В качестве модели для исследования и анализа принята платформа Control Logix 1756 на базе шасси 1756-A4 с коммутационными модулями 1756-ENBT, 1756-CNB, 1756-DNB Series C и процессором 1756-L55. Данная конфигурация позволяет осуществлять передачу данных по протоколам Ethernet IP, Control Net и Device Net, относящихся к уровням оперативного управления, автоматического управления и ввода/вывода соответственно. Основной научный интерес представляет сквозная передача информации с уровня автоматического управления на уровень ввода/вывода, а также особенности преобразования данных при передаче с одного уровня на другой, влияние этих преобразований на величину задержек при передаче данных и пропускную способность. Последним параметрам будет уделено особое внимание, поскольку скорость реакции системы и стабильность величины задержек являются ключевыми параметрами для работы автоматизированной системы управления технологическими процессами в целом.

Ключевые слова: сеть, архитектура, автоматизация, технологический процесс, горное производство, NET Linx, Control Logix.

Введение

На сегодняшний день во многих отраслях промышленности степень автоматизации технологических процессов близка к максимально возможной, т.е. полной. В таких случаях все производственные процессы выполняются без участия человека, при этом операторы только осуществляют контроль над параметрами систем автоматического управления и безопасностью технологических операций [1]. Для алмазодобывающей промышленности, к сожалению, на данный момент автоматизация характерна только для некоторых технологических операций, таких как, например, выполнение буровых работ для шпуров взрывной отбойки, типовых

операций, выполняемых комбайнами, некоторых транспортных операций, контроля добываемых полезных ископаемых и пр. [2] При этом существуют потенциальные возможности использования современных технических решений, в том числе из других областей промышленности, которые могли бы позволить в более значительной степени обеспечить автоматизацию отдельных технологических процессов или даже реализовать в некоторой мере систему централизованного управления комплексом открытых горных работ [3].

Внедрение современных систем автоматизации и информационных систем поддержки принятия решений любого горного производства, по мнению авторов, целе-

сообразно с точки зрения [3]: повышения безопасности горных работ; повышения прозрачности и обеспечения возможности непрерывного мониторинга производственных издержек; контроля производительности; повышения дисциплины персонала; более оперативного формирования управляющих воздействий; снижения влияния человеческого фактора на технологические процессы.

Согласно программе инновационного развития и технологической модернизации АК «АЛРОСА» (ПАО) на период 2016–2023 гг. [4] основными задачами компании в области научных исследований на этот период будут являться: разработка и внедрение более совершенных и эффективных технологий геологоразведочных работ; разработка и внедрение безлюдных технологий отработки карьеров; разработка и внедрение новых принципов отработки сверхглубоких карьеров, совершенствование конструкции бортов и уступов карьеров с целью максимального уменьшения объема вскрышных работ; разработка и внедрение комплексных систем мониторинга безопасности подземных горных работ, отслеживающих геомеханику, гео- и гидродинамику, горных массивов; оптимизация закладочных смесей на основе местных вяжущих материалов, понижающих расход цемента; разработка новых типов сепараторов, обеспечивающих более высокое извлечение алмазов из руды и способных сократить затраты на операции последующих переделов; разработка технологий сухого (безводного) обогащения; разработка энергоэффективных технологий дезинтеграции алмазоносной руды для снижения числа переделов в процессах рудоподготовки и обогащения; разработка кристаллосберегающих технологий, позволяющих в процессе добычи и обогащения руды уменьшить техногенную повреждаемость и повысить качество алмазной продукции; совершенствование конструкции горной техники в целях повышения ее проходимости в условиях крутонаклонных съездов; разработка автоматизированной технологии сортировки алмазного сырья.

Как минимум пять из вышеперечисленных задач напрямую связаны с автоматизацией технологического процесса на тех или иных предприятиях, что подтверждает актуальность проведенных исследований.

Цель, задачи и объекты исследования. Целью настоящего исследования станет анализ особенностей реализации открытой сетевой архитектуры NET Linx в системе Control Logix. Для этого будут решены следующие задачи: проанализирована работа основных типов сетей входящих в данную архитектуру протоколов связи в рамках стандартной трехуровневой модели; рассмотрена сквозная передача информации с уровня автоматического управления на уровень ввода/вывода; изуче-

ны особенности преобразования данных при передаче с одного уровня на другой; оценено влияние этих преобразований на величину задержек при передаче данных и пропускную способность. Объектами исследования будут являться: платформа Control Logix 1756 на базе шасси 1756-A4 с коммутационными модулями 1756-ENBT, 1756-CNB, 1756-DNB Series C и процессором 1756-L55; протоколы передачи данных Ethernet IP, Control Net и Device Net.

Результаты исследования

Основное требование для подсистемы связи в современных автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП) любого промышленного предприятия связано с обеспечением эффективной интеграции от уровня производственных цехов до уровня руководства [5]. В рамках платформы Control Logix эта задача решается применением технологии Net Linx. Net Linx представляет собой решение, использующее открытую сетевую архитектуру для обеспечения эффективной интеграции [6, 7]. Net Linx включает в себя три типа сетей: Device Net, Control Net и Ethernet IP они поддерживают один и тот же протокол, такое решение позволяет использовать общий набор коммуникационных сервисов. Этот протокол называется «общий промышленный протокол» — Common Industrial Protocol (CIP). Он позволяет осуществлять управление, конфигурирование и сбор данных в любой из сетей Net Linx. Архитектура Net Linx эффективно интегрирует все компоненты системы автоматизации, от простейших устройств до глобальной сети интернет. Такое решение помогает повысить гибкость, снижает затраты на инсталляцию оборудования и повышает производительность [8, 9].

Использование единого протокола CIP позволяет использование сетей Device Net, Control Net и Ethernet IP в рамках одной системы АСУТП (рис. 1), при этом каждая из сетей остается оптимизированной по пропускной способности, топологии и набору функций под специальные применения, позволяющие поддерживать различные типы приложений [10, 11].

Сеть Device Net. Эта сеть основана на технологии локальной сети контроллеров Controller Area Network (CAN). Главными ее преимуществами являются низкая стоимость и небольшие сроки установки, возможность расширенного доступа к данным, в том числе данным диагностики оборудования, позволяющим сократить или устранить значительные издержки, связанные с простоями. Device Net является экономичным решением для создания сетей промышленных устройств нижнего уровня и обеспечивает эффективный способ доступа к данным в этих устройствах. Сеть Device Net позволяет

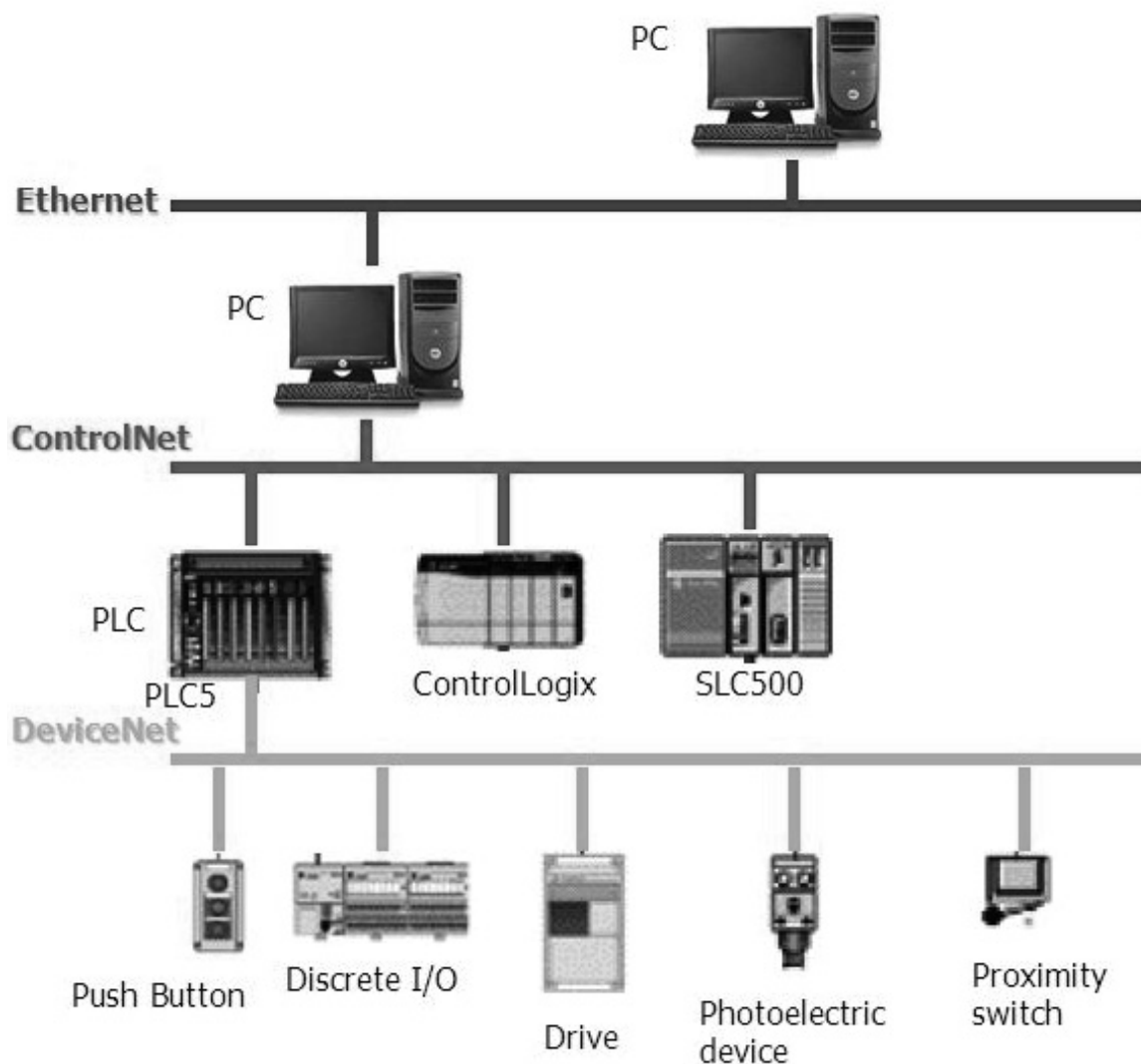


Рис. 1. Пример организации АСУТП с использованием различных сетей

соединять устройства непосредственно с контроллерами на производственных участках, не прибегая к жесткой схеме подключения каждого устройства к модулю ввода/вывода. Такая возможность прямого соединения уменьшает стоимость установки и упрощает электро-монтаж.

Наиболее часто сеть Device Net применяется в следующих конфигурациях: в системах с распределенными узлами; в сети приводов; для подключения большого количества устройств непосредственно к сети Device Net (многие устройства имеют встроенный интерфейс Device Net); потребность в диагностической информации с устройств.

При проектировании сети Device Net ключевое значение имеют следующие факторы: топология сети; коли-

чество узлов в сети; протяженность линий коммуникации; объем памяти сканера данных ввода/вывода.

Топология магистрали с ответвлениями является основной для сети Device Net. Ответвления обеспечивают последовательное подключение узлов или же позволяют создавать сегменты сети на расстоянии до 6 метров от магистральной линии (рис. 2).

Сеть Device Net поддерживает до 64 узлов. Первый порядковый номер узла зарезервирован главным сканером (master scanner), номер 63 используется по умолчанию, для адресации устройств имеется 62 узла. Современные серии контроллеров Control Logix поддерживают одновременное использование нескольких сетей Device Net, что обеспечивает гибкость системы, позволяет при необходимости увеличить количество уз-

Таблица 1. Зависимость максимальной длины кабеля от скорости передачи данных

| № п/п | Скорость передачи данных | Максимальная длина для плоского кабеля | Максимальная длина для толстого кабеля | Максимальная длина для тонкого кабеля | Суммарная длина ответвлений |
|-------|--------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 125 Кбит/с | 420 метров | 500 метров | 100 метров | 156 метров |
| 2 | 250 Кбит/с | 200 метров | 250 метров | 100 метров | 78 метров |
| 3 | 500 Кбит/с | 75 метров | 100 метров | 100 метров | 39 метров |

Таблица 2. Характеристики модулей сканеров в сети Device Net

| № п/п | Наименование моделей сканеров | Размер входной таблицы данных | Размер выходной таблицы данных |
|-------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 | ControlLogix/1756-DNB | 124 двойных слова | 123 двойных слова |
| 2 | SLC-500/1747-SDN | 150 слов | 150 слов |
| 3 | FlexLogix/1788-DNBO | 124 двойных слова | 123 двойных слова |
| 4 | SoftLogix5/1784-PCIDS | 1024 слова | 1024 слова |
| 5 | SoftLogix5800/1784-PCIDS | 124 двойных слова | 123 двойных слова |
| 6 | CompactLogix/1769-SDN | 90 двойных слов | 90 двойных слов |
| 7 | MicroLogix 1500/1769-SDN | 180 слов | 180 слов |

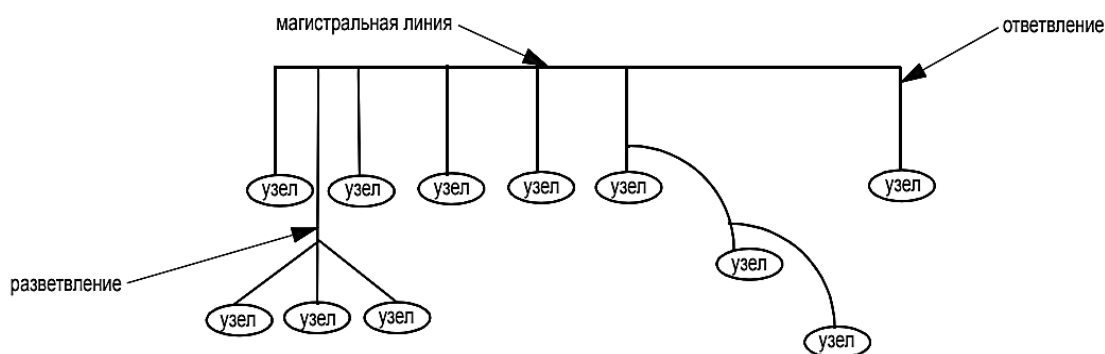


Рис. 2. Вариант организации сети Device Net

лов в сети. При проектировании топологии сети Device Net учитываются протяженность магистральной линии и ответвлении по отдельности каждого участка, а также совокупная длина всех ответвлений. Скорость передачи данных по магистральной линии является ключевым параметром, который определяет максимальную длину сегментов, в таблице 1 представлены величины максимальной длины для каждого типа кабеля для трех стандартных скоростей передачи данных в сети Device Net.

Передача и получение информации в сети Device Net происходит путем циклического сканирования устройств в сети. Сканирование устройств производит специальный сканирующий модуль, ключевым параметром которого является объем памяти ввода и вывода. Нередки ситуации, когда возможностей одного сканирующего модуля недостаточно, в таком случае стандарт сети Device Net позволяет агрегирование памяти

различных модулей для совместного использования. Ключевое значение в таком случае будет иметь достаточность размера входной и выходной таблицы данных модулей для входных и выходных дискретных сигналов соответственно. В таблице 2 приведены характеристики модулей сканеров доступных в среде Control Logix.

Сеть Ethernet IP

Предоставляет необходимый набор сервисов по управлению, конфигурированию и сбору данных, накладывая протокол CIP на стандартные протоколы, используемые в сети интернет (TCP/IP и UDP/IP). Сеть Ethernet IP использует протокол TCP/IP для общих сервисов по передаче сообщений и обмену информацией, а протокол UDP/IP — для сервисов передачи сообщений ввода/вывода в приложениях по управлению. Такое сочетание общепринятых стандартов обеспечивает функ-

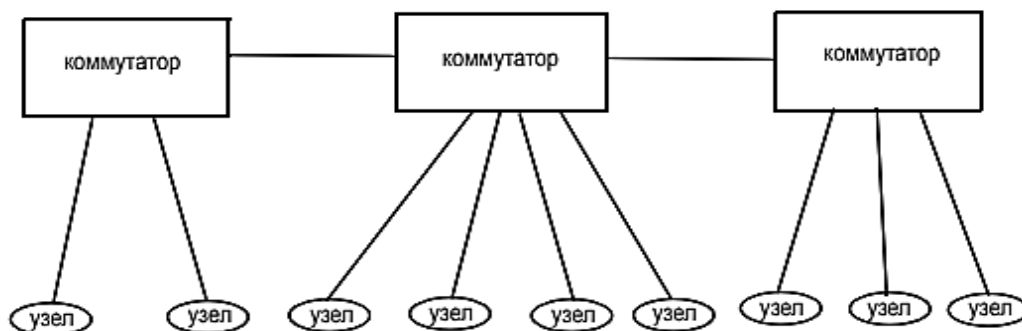


Рис. 3. Вариант организации сети Ethernet IP

циональность, необходимую для поддержки, как информационного обмена, так и приложений по управлению.

Еще одна важная особенность сети Ethernet IP заключается в возможности использования распространённых компонентов Ethernet и стандартных аппаратных средств передачи данных. Это позволяет получить экономичное решение для приложений производственного уровня, используя существующую ИТ инфраструктуру.

Наиболее часто сеть Ethernet IP используется в конфигурациях следующих типов: в качестве оптимального решения для объединения в сеть множества компьютеров; как рациональный выбор при необходимости подключения большого количества устройств; как стандартная сеть для обеспечения связи с системами уровня всего предприятия; в топологии «звезда», когда узлы расположены близко друг к другу.

При проектировании сети Ethernet IP ключевое значение имеют следующие факторы: топология сети; протяженность линий коммуникации; число соединений.

В сети Ethernet IP используются стандартные средства передачи данных. Сам процесс соответствует пакету стандартов и соглашений IEEE802.3/TCP/UDP/IP. Допускается использование нескольких типов средств передачи данных и вариантов топологии, но наиболее распространённым вариантом является топология звезда с применением средств передачи данных CAT5. Как показано на рис. 3, в топологии звезда применяется коммутатор или ряд соединённых друг с другом коммутаторов с двухточечным включением каждого из узлов с коммутатором.

Длина линии связи может меняться в большом диапазоне в зависимости от того, какой тип кабеля используется: медная витая пара или оптоволоконные средства передачи данных. Для сегмента на основе витой пары максимальная длина составляет не более 100 метров,

а для оптоволоконного кабеля может достигать до 10 километров.

Количество логических соединений — это ключевой параметр, который определяет пропускную способность сети Ethernet IP. Количество логических соединений определяет число устройств, с которыми взаимодействует контроллер или коммуникационный модуль. Логическое соединение устанавливает канал связи между двумя устройствами. Существуют следующие типы логических соединений: контроллер с локальными модулями I/O или локальным коммуникационным модулем; контроллер с удалённым модулем I/O или удалённым коммуникационным модулем; контроллеры с удалённым модулем I/O, оптимизированные по рэкам; производимые и потребляемые теги; сообщения.

Количество соединений, используемое контроллером косвенно, определяется при конфигурации контроллера для обмена данными с другими устройствами в системе.

Сеть Control Net

Это сеть управления в режиме реального времени, обеспечивающая высокоскоростную передачу как критичных ко времени данных ввода/вывода и блокировки, так и сообщений, включая пересылку/загрузку данных программ и конфигураций по единому физическому каналу передачи данных. Возможность эффективной передачи данных по сети Control Net значительно увеличивает производительность операций ввода/вывода и улучшает одноранговую связь в любой системе или приложении, использующем данную сеть. Control Net отличается высокой детерминированностью и стабильностью, подключение или отключение устройств не отражается на работе сети в целом. Это обеспечивает надёжную, синхронизированную и скоординированную работу сети в реальном масштабе времени. Сеть Control Net чаще всего используется в следующих типах конфи-

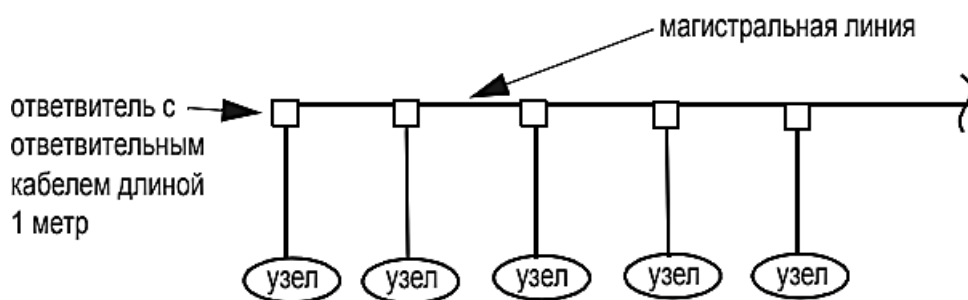


Рис. 4. Вариант организации сети Control Net: магистральная линия

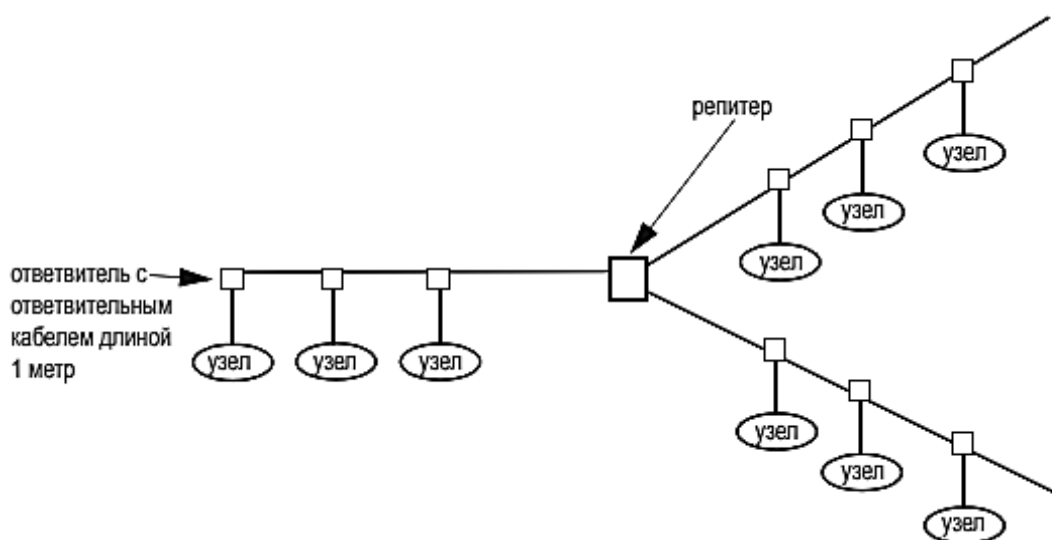


Рис. 5. Вариант организации сети Control Net: звезда

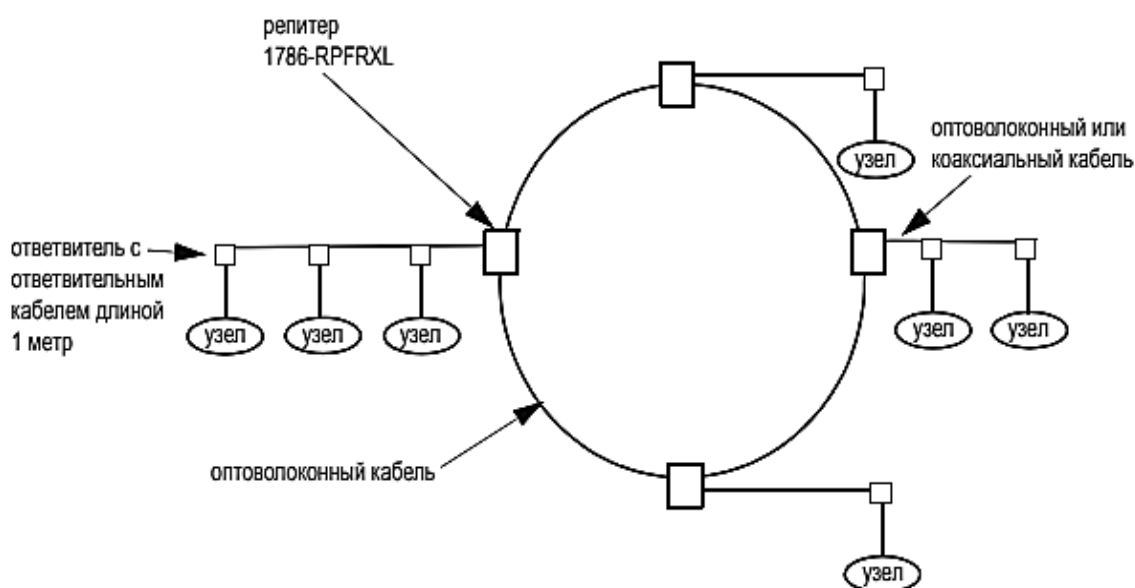


Рис. 6. Вариант организации сети Control Net: кольцо

Таблица 3. Зависимость количества соединений от коммуникационного модуля

| № п/п | Модель контроллера/ коммуникационного модуля | Количество поддерживаемых логических соединений |
|-------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1 | Control Logix/1756-CNB | 250 на контроллер/64 на 1756-CNB |
| 2 | Flex Logix/1788-CNC | 24 на 1788-CNC |
| 3 | Soft Logix 5800/1784-PCICS | 250 на контроллер/128 на 1784-PCICS |
| 4 | PLC-5C15 | 64÷128 |
| 5 | SLC-500/1747-SCNR | 64 |

Таблица 4. Возможности реализации определенного типа сети в зависимости от назначения

| № п/п | Назначение сети | Device Net | Control Net | Ethernet IP |
|-------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| 1 | Управление вводом/выводом | допустимо использование (при низкой плотности ввода/вывода) | подходит | подходит |
| 2 | Конфигурирование устройств | подходит | подходит | подходит |
| 3 | Сбор данных (в компьютерах) | допустимо использование | подходит | подходит |
| 4 | Одноранговая (peer-to-peer) передача сообщений между контроллерами | отсутствует | подходит | подходит |
| 5 | Одноранговая (peer-to-peer) взаимная блокировка между контроллерами | отсутствует | подходит | подходит |

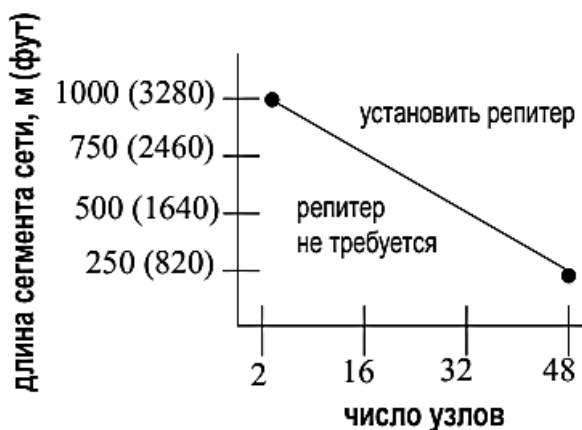


Рис. 7. Методика расчета необходимого количества репитеров в сети Control Net

гураций: как сеть, используемая по умолчанию для платформ Control Logix; в качестве альтернативы/замены для сети удаленного ввода/вывода, поскольку сеть Control Net обеспечивает обслуживание большого количества таких точек; как опорная сеть для нескольких распределенных сетей Device Net; как одноранговая сеть с блокировкой.

При проектировании сети Control Net ключевое значение имеют следующие факторы: топология сети; количество узлов в сети; протяженность линий коммуникации; количество логических соединений.

Control Net поддерживает различные типы топологий, это топологии магистрали с ответвлениями, звезды,

дерева и кольца. В простейшей форме сеть Control Net выглядит как магистральная линия, к которой подключены узлы с ответвителем и ответвительным кабелем длиной до 1 метра. Пример такой организации сети приведен на рис. 4. Для построения других топологий требуются репитеры. Примеры топологии звезда и кольцо приведены на рис. 5 и 6.

Сеть Control Net имеет поддержку до 99 узлов. Контроллеры Control Logix имеют возможность одновременной поддержки нескольких сетей Control Net, это обеспечивает системе гибкость, позволяет при необходимости увеличить количество узлов в сети и повысить производительность системы. Протяженность линии в сети Control Net зависит от числа узлов сети. Для увеличения числа узлов и протяженности линии, используются репитеры. Максимально допустимая длина сегмента сети (L_{max}) определяется по следующей формуле:

$$L_{max} = 1000 \text{ м} - 16,3 \text{ м} \cdot n_{отв},$$

где L_{max} — максимально допустимая длина сегмента сети, м; $n_{отв}$ — количество ответвлений.

Методика расчета необходимого количества репитеров представлена на диаграмме (рис. 7).

Количество логических соединений — это один из факторов который необходимо учитывать, рассчитывая пропускную способность сети Control Net. Количество логических соединений устанавливает количество устройств, с которыми может взаимодействовать контроллер или коммуникационный модуль. Логическое соединение необходимо для установки канала связи между двумя устройствами. Существуют следующие логические соединения: контроллер с локальным модулем ввода/вывода или коммуникационным модулем; кон-

троллер с удаленным модулем ввода/вывода или коммуникационным модулем;

- ◆ контроллер с удаленным модулем ввода/вывода, оптимизированным по рэк-стойкам; производимые и потребляемые теги; сообщения.

Процесс конфигурации контроллера для обмена данными с другими устройствами в системе косвенно определяет число используемых контроллером логических соединений. В таблице 3 приведена информация по количеству соединений, поддерживаемых Control Net различными коммуникационными модулями.

Заключение

Проанализировав основные характеристики и топологии сетей можно дать рекомендации, для каких задач наиболее эффективно использовать тот или иной тип сети открытой сетевой архитектуры NET Linx в системе Control Logix. В таблице 4 эта информация сведена в наглядную форму.

Таким образом, стоит отметить, что для реализации современных автоматизированных систем управления технологическими процессами на промышленном предприятии с использованием открытой сетевой архитектуры NET Linx в системе Control Logix идеально подойдут сети Device Net, Control Net и Ethernet IP, имеющие широкие возможности в назначении применения и различные варианты своей организации, а также прекрасно дополняющие друг друга. Несмотря на повсеместное внедрение АСУТП в промышленности, остаются факторы, сдерживающие распространение таких систем на горном предприятии, из которых можно выделить: неготовность оперативно-диспетчерского персонала к быстрой адаптации при работе в таких сложных системах [12]; обеспечение безопасности на всех уровнях передачи данных [13, 14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Башков Д.А., Веселов В. А., Исаев Е. А. Опыт создания АСУТП на николаевской обогатительной фабрике // Горный журнал. — 2016. — № 11. — С. 85–89.
2. Матул Г.А., Семёнов А. С. К вопросу о комплексной автоматизации открытых горных работ в алмазодобывающей промышленности // Естественные и технические науки. — 2016. — № 12 (102). — С. 265–268.
3. Бебихов Ю.В., Егоров А. Н., Семёнов А. С. Автоматизация технологических и производственных процессов: учебное пособие. — М.: Издательство «Перо», 2019. — 102 с.
4. Паспорт программы инновационного развития и технологической модернизации АК «АЛРОСА» (ПАО) на период 2016–2023 гг. (редакция 2016 г.). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.alrosa.ru/производство/инновационное-развитие/> (дата обращения: 02.03.2020).
5. Кузьмин Ю. Б. Моделирование степени автоматизации иерархических систем управления на примере АСУТП предприятия // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2017. — № 6. — С. 13–22.
6. Николаев А.В., Камакин А. Н., Васильков Ю. В. Повышение производительности оборудования модернизацией АСУТП // Математические методы в технике и технологиях — ММТТ. — 2017. — Т. 5. — С. 11–13.
7. Чуркин Г.М., Шиловский В. И., Развин А. А. Формирование альтернативных конфигураций структур локальной автоматизации АСУТП // Математические методы в технике и технологиях — ММТТ. — 2017. — Т. 6. — С. 9–13.

8. Белозеров В.В., Белозеров В.В. Автоматизация создания АСУТП опасных производственных объектов // Электроника и электротехника. — 2017. — № 2. — С. 27–42.
9. Колодников И.А., Лебедев В. О. К вопросу об архитектуре современных АСУТП // Автоматизация в промышленности. — 2018. — № 8. — С. 9–12.
10. Волотковский А.А., Семёнов А. С. Автоматизация системы управления перемещением при использовании функции скорости (на примере транспортировки стекла) // Студенческий научный форум — 2019: материалы XI международной студенческой электронной научной конференции. [Электронный ресурс]. URL: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018017525> (дата обращения: 26.03.2019).
11. Рогов С.Л. Устройства управления реверсивным приводом в АСУТП // Автоматизация в промышленности. — 2017. — № 1. — С. 10–13.
12. Григорьев Л.И., Чернышева О. Н., Кучерявый В. В. Оценка профессионально важных психологических характеристик диспетчера в человеко-машинных системах АСУТП нефтегазового производства // Проблемы управления. — 2017. — № 1. — С. 65–74.
13. Литвинов Е. М. Безопасность АСУТП // Автоматизация в промышленности. — 2017. — № 7. — С. 33–35.
14. Корнев А. В. Кибербезопасность АСУТП: взвешенный подход // Автоматизация в промышленности. — 2017. — № 7. — С. 41–46.

© Бебихов Юрий Владимирович (bebikhov.yura@mail.ru), Матул Глеб Андреевич (mailbox428@gmail.com),
Семёнов Александр Сергеевич (sash-alex@yandex.ru),
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Политехнический институт (филиал) СВФУ им. М.К. Аммосова

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОНТАКТНЫХ РАДИОПОМЕХ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПЕРЕМЕННОГО КОНТАКТА, РАБОТАЮЩЕГО В НЕЛИНЕЙНОМ РЕЖИМЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВНУТРИСИСТЕМНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ НА ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТАХ

CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL
MODELS OF CONTACT RADIO
INTERFERENCE UNDER IRRADIATION
OF A VARIABLE CONTACT OPERATING
IN A NONLINEAR MODE FOR SOLVING
APPLIED PROBLEMS OF ENSURING
AN INTRA-SYSTEM ELECTROMAGNETIC
MAGNETIC UNIT

**N. Grachev
A. Andryukhin**

Summary. The article discusses the modeling of contact noise generation processes in the design of electronic equipment, taking into account electromagnetic compatibility. The paper considers two types of contact jamming models. The main place is devoted to the analysis of a nonlinear model of contact noise formation. The analysis of a nonlinear model of the formation of contact radio interference, a nonlinear manifestation of the nature of contact resistance leads to a sharp increase in the frequency spectrum affected by contact noise. This is especially true for the case of irradiation of an alternating contact with a polyharmonic electromagnetic field while simultaneously operating on the radiation of several transmitters at once.

Keywords: simulation, contact interference models, electromagnetic compatibility.

В технике одной из существенных проблем в последние годы стала проблема образования контактных помех радиоприему обусловленных наличием значительного числа радиоустройств на современных подвижных объектах, особенно мобильных подвижных средств и объектах авиации. Облучаемый переменный контакт рассматривается как линейное инерционное устройство с параметрами, обусловленными некоторым случайным процессом, изменяющим амплитуду и частотно-фазовые характеристики высоко-

частотного тока проводимости, наведенного внешним электромагнитным полем [1,2].

Эквивалентная схема облучаемого переменного контакта, как источника контактных помех представлена на рис. 1.

При рассмотрении переменного контакта в линейном режиме возникновение контактных помех может быть приближенно представлено в виде преобразова-

Грачев Николай Николаевич

*К.т.н., профессор, МИРЭА — Российский
технологический университет (г. Москва)
nnggrachev@mail.ru*

Андрюхин Александр Гавриилович

*К.т.н., доцент, МИРЭА — Российский
технологический университет (г. Москва)
pr1110@list.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы моделирования процессов образования контактных помех при проектировании радиоэлектронных средств с учетом электромагнитной совместимости. В работе рассмотрены два типа моделей образования контактных радиопомех. Основное место отведено анализу нелинейной модели образования контактных помех. Проведенный анализ нелинейной модели образования контактных радиопомех, нелинейное проявление характера контактного сопротивления приводит к резкому увеличению спектра частот, пораженных контактными помехами. Это имеет особое значение к случаю облучения переменного контакта полигармоническим электромагнитным полем при одновременной работе на излучение сразу нескольких передатчиков.

Ключевые слова: моделирование, модели контактных помех, электромагнитная совместимость.

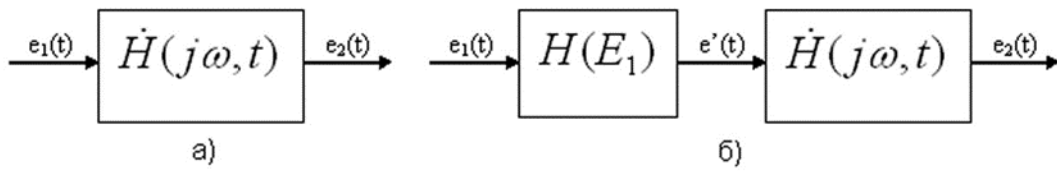


Рис. 1. Облучаемый переменный контакт, представленный как: а) — линейный параметрический инерционный четырехполюсник и б) работающий в нелинейном режиме, как последовательно соединенные два четырехполюсника.

ния напряженности электромагнитного поля некоторым гипотетическим четырехполюсником с комплексной передаточной функцией $\dot{H}(j\omega, t)$ (рис. 1, а).

Напряженность электромагнитного поля вторичного излучения переменного контакта может быть определена в виде:

$$e_2(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \dot{S}_{e_1}(\omega) \dot{H}(j\omega, t) e^{j\omega t} dt,$$

где $\dot{S}_{e_1}(\omega)$ — энергетический спектр облучающего электромагнитного поля.

Изменение контактного сопротивления в условиях периодических воздействий приводит к периодическому закону изменения во времени самой передаточной функции $\dot{H}(j\omega, t)$.

Представление контакта в виде двух соединенных четырехполюсников: линейного инерционного с переменными параметрами и нелинейного безынерционного, соответствует второй модели [3]. Которая, в свою очередь применима к случаю, если контакт облучается сильным электромагнитным полем, на контактном слое начинают проявляться нелинейные свойства. Если ток проходит через нелинейность формируются гармоники и комбинации частот исходного спектра, причем их порядок определяется порядком нелинейности. При нахождении контакта в состоянии покоя, то возникающие комбинации частот трудно отличить от неосновных излучений передатчиков, поскольку механизм возникновения тех и других одинаков. При подверженности контакта качке, вибрации и т.д., что характерно для подвижных объектов, то каждая составляющая спектра дополнительно «расплывается». Вышеупомянутые явления адекватно имитирует линейный четырехполюсник, являющийся составной частью второй модели контактного источника помехи. Сигнал с фиксированным спектром частот преобразуется на нелинейном переменном контакте в сигнал с широкой полосой, его спектр состоит из ряда гармоник, число которых определяется порядком нелинейности, а ширина спектра на каждой гармонике

непосредственно связана с частотой механических колебаний в месте контакта. Таким образом, общий спектр помехи в случае, когда переменный контакт обладает нелинейными свойствами, может занимать несколько октав, что увеличивает вероятность поражения приемников, имеющих значительную расстройку от номинальной частоты передатчика, облучаемого рассматриваемый контакт.

Представляется достаточно правдоподобным рассмотрение работы контакта в нелинейном режиме как прохождения сигнала, соответствующего напряженности облучающего электромагнитного поля, через последовательное соединение нелинейного безынерционного и линейного инерционного четырехполюсников, представленного на рис. 1 б с $H(E_1)$ и $\dot{H}(j\omega, t)$.

Преобразование спектра электромагнитного поля, в действительности происходящее за счет прохождения наведенного тока проводимости через нелинейное параметрическое комплексное сопротивление на стыке двух соприкасающихся элементов конструкции подвижного объекта, заменяется эквивалентным суммарным эффектом двух преобразований, из которых одно является нелинейным безынерционным, постоянным по времени, а второе — линейным, инерционным и переменным.

В качестве примера рассмотрим спектр электромагнитного поля вторичного излучения при следующих предположениях:

- ♦ облучающее поле является моногармоническим с частотой ω_0 : $e_1(t) = E_{1m} \cos \omega_0 t$;
- ♦ переключение нелинейного переменного контакта, а следовательно, и изменение передаточной функции $\dot{H}(j\omega, t)$ представляются в виде периодической функции времени, раскладываемой в ряд Фурье по элементам с частотой Ω :

$$\dot{H}(j\omega, t) = \sum_{k=1}^K H_k(j\omega) \cos(k\Omega + \varphi_k).$$

Предположим, что характеристика нелинейности передаточной функции $H(E_1)$ с достаточной точностью

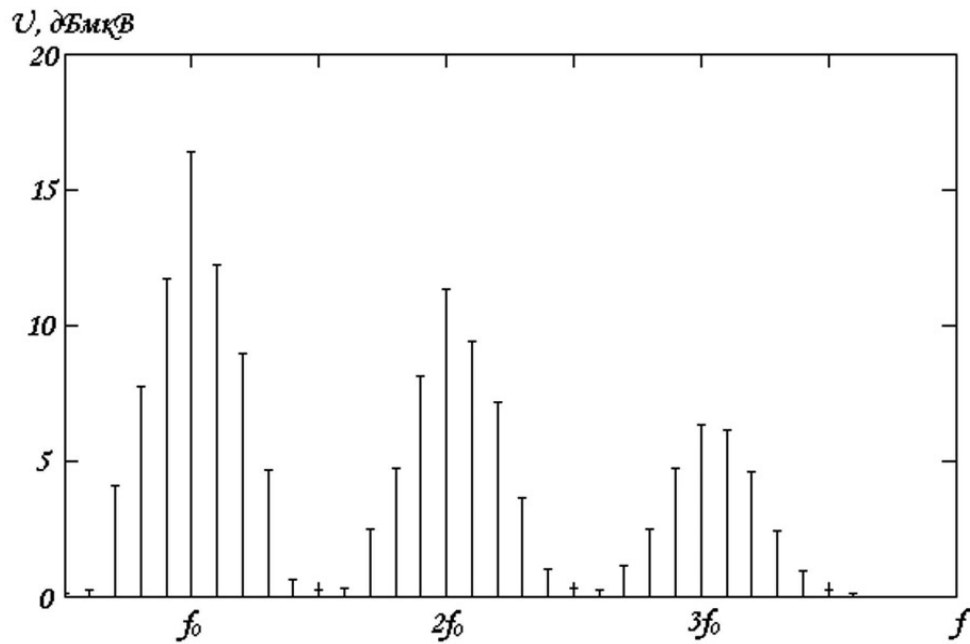


Рис. 2. Спектрограмма контактных помех

аппроксимируется полиномом, содержащим члены всех степеней от 1 до N :

$$H(E) = \sum_{n=1}^N q_n E_1^n,$$

где q_n — коэффициент аппроксимации.

Методами анализа нелинейных электрических цепей находим, что на выходе нелинейного четырехполюсника сигнал $e'(t)$ кроме составляющей на основной частоте ω_0 будет содержать составляющие и на ее гармониках $2\omega_0, 3\omega_0 \dots$ до $N\omega_0$ включительно (рис. 2).

Запишем $e'(t)$ в виде ряда Фурье

$$e'(t) = \sum_{n=1}^N A_n \cos(n\omega_0 t + \phi_n)$$

$$\omega_1 = n\omega_0 + \kappa\Omega,$$

где A_n — амплитуда n -й гармоники;

ϕ_n — фаза n -й гармоники.

Тогда напряженность поля вторичного излучения можно определить по формуле:

$$e_2(t) = E_1 \operatorname{Re} \left\{ \dot{H}(j\omega, t) \right\} = \sum_{n=1}^N A_n \cos(n\omega_0 t + \phi_n) \sum_{k=1}^K H_k(\omega) \cos(k\Omega t + \phi_k)$$

После несложных, но громоздких вычислений с использованием формул кратных дуг находим

$$e_2(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \frac{A_n H_k(n\omega_0)}{2} \left\{ \cos[(n\omega_0 + \kappa\Omega)t + \phi_n + \phi_k] + \cos[(n\omega_0 - \kappa\Omega)t + \phi_n - \phi_k] \right\}$$

Из полученного выражения следует, что электромагнитное поле вторичного излучения нелинейного периодического контакта содержит спектральные составляющие на частотах $\omega_1 = n\omega_0 + \kappa\Omega$. Спектрограмма выходного сигнала представлена на рис. 2. При облучении мощным электромагнитным полем контактные помехи возникают не только около основной частоты облучающего поля, но также и около ее гармоник.

Нелинейное проявление характера контактного сопротивления ведет к резкому увеличению спектра частот, пораженных контактными помехами. В высокой степени это имеет отношение к облучения переменного контакта полигармоническим электромагнитным полем при одновременной работе на излучение сразу нескольких передатчиков.

Третья — дуговая модель контактной помехи, в которой при значительном увеличении напряженности облучающего поля возможно нарушение связей решетки окисной пленки, что по сути является начальной стадией пробоя диэлектрического слоя между контак-

тирующими элементами, т.е. стадии дугообразования. Взаимные связи между дугой, возникающей при облучении переменных контактов высокочастотным полем, и спектром вторичного излучения от нее не изучены до сих пор. Проводимые исследования показывают,

соответствие спектра излучения электрической дуги на переменном контакте, облучаемом высокочастотным электромагнитным полем, гауссовской кривой, центрированной относительно частоты облучаемого передатчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев А.Г., Матисен А. И., Патрин В. С. Защита радиоприема на судах от помех. — Л.: Судостроение, 1973. — 208 с.
2. Клементенко А.Я., Панов Б. А., Свешников В. Ф. Контактные помехи радиоприему. — М.: Воениздат, 1979. — 116 с.
3. Радиоэлектронные средства и мощные электромагнитные помехи — М: РиС — 1987. — 241с.

© Грачев Николай Николаевич (nngachev@mail.ru), Андрюхин Александр Гаврилович (pr1110@list.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



МИРЭА — Российский технологический университет 1

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

A PROBABILISTIC METHOD FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF AN ADAPTIVE INFORMATION SECURITY SYSTEM OF A CORPORATE NETWORK OF DATA TRANSMISSION

L. Gruzdeva

Summary. The article presents statistical data on the most popular attack methods, the objects of which were government institutions and financial organizations. The share of cyberattacks on government resources in the third quarter of 2019 increased to 23%. Three quarters of attacks on corporate networks and 62% of individuals were carried out using malicious software. An algorithm is proposed for evaluating the characteristics of an adaptive information protection system using the example of a corporate network operating in conditions of attacks accompanied by infection of nodes of various kinds by malicious programs.

Keywords: corporate network of data transmission, information security system, malicious software, information security.

Груздева Людмила Михайловна

*К.т.н., доцент, Российский университет транспорта (РУТ-МИИТ), Москва
docentglm@gmail.com*

Аннотация. В статье представлены статистические данные наиболее популярных методов атак, объектами которых становились государственные учреждения и финансовые организации. Доля кибератак на правительственные ресурсы в третьем квартале 2019 г. выросла до 23%. Три четверти атак на сети юридических лиц и 62% частных лиц осуществлялись с применением вредоносного программного обеспечения. Предложен алгоритм оценки характеристик адаптивной системы защиты информации на примере корпоративной сети, функционирующей в условиях атак, сопровождающихся заражением узлов различного рода вредоносными программами.

Ключевые слова: корпоративная сеть передачи данных, система защиты информации, вредоносное программное обеспечение, информационная безопасность.

Введение

В [1] предложена модель адаптивной системы защиты информации (СЗИ), реализация которой в корпоративной сети передачи данных (КСПД) способна обеспечить необходимый уровень производительности сети [2, 3] путем выбора алгоритма для раннего и надежного обнаружения информационных угроз [4] и быстрого запуска доступных средств противодействия угрозам информационной безопасности в наиболее уязвимых узлах сети.

В адаптивной СЗИ выделено два уровня организации защитных механизмов: (1) уровень обнаружения (на основе его показаний принимается решение о наличии / отсутствии угрозы информационной безопасности в сети); (2) уровень противодействия (инициируется только при обнаружении информационной угрозы) [5].

Рассмотрим метод количественных оценок характеристик адаптивной СЗИ на примере корпоративной сети, функционирующей в условиях атак, совершаемых с использованием вредоносного программного обеспечения (ПО). Данный метод атак является одним из самых

распространенных, в частности, вредоносное ПО во III квартале 2019 г. применялось в 74% уникальных кибератак на сети юридических лиц, таких как государственные учреждения (рис. 1), финансовые организации (рис. 2) и промышленные компании [6–8]. При этом в 79% объектами для атак становились компьютеры, серверы и сетевое оборудование [6].

Частные лица за тот же период были атакованы с использованием вредоносного ПО в 62% случаев от общего числа инцидентов информационной безопасности [9]. При этом тремя основными путями распространения вредоносного программного обеспечения являлись [6]:

- ◆ электронная почта: вредоносное вложение или ссылка на зараженный ресурс отправлялись жертве в письме (23% случаев);
- ◆ официальные магазины приложений (26%) и сайты, при посещении которых вредоносное ПО устанавливалось на устройство жертвы (35%).

По мнению специалистов, нарушители информационной безопасности будут искать новые пути распространения вредоносного программного обеспечения и совершенствовать старые. Злоумышленники будут

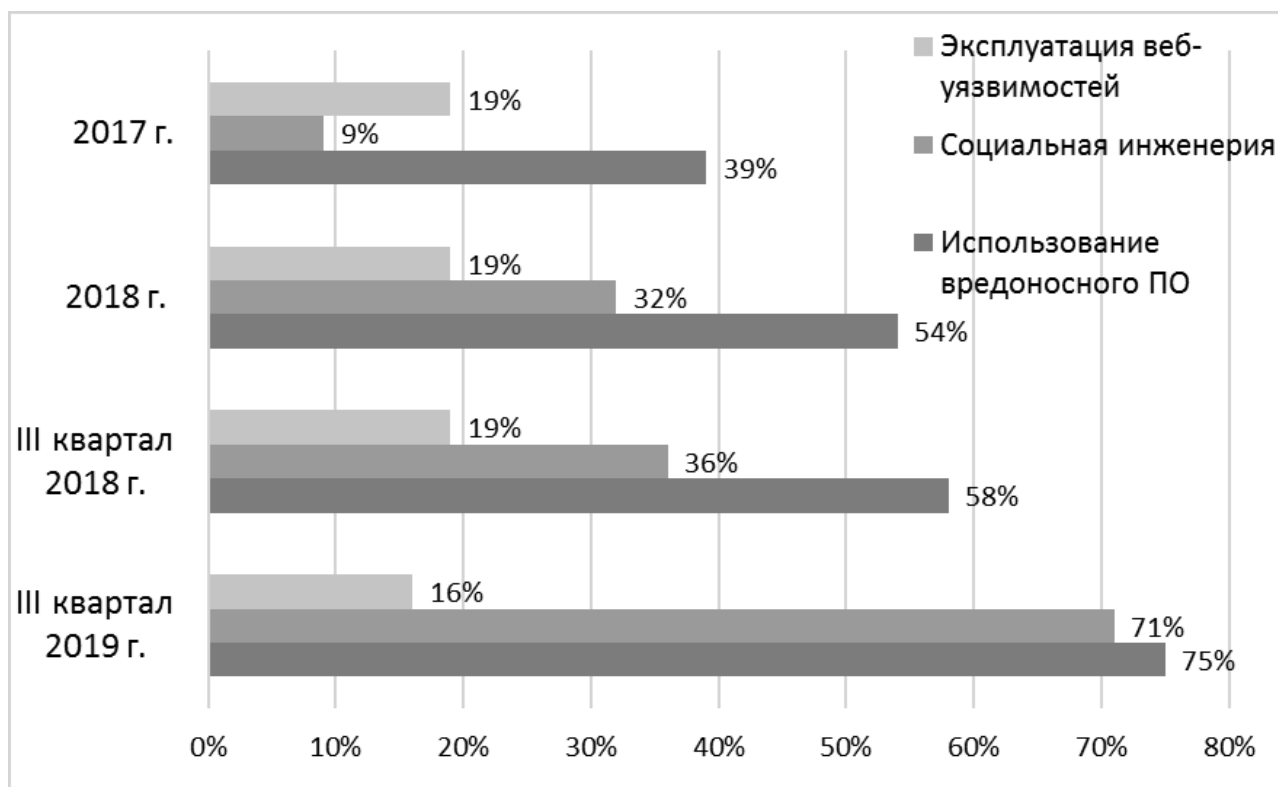


Рис. 1. Наиболее популярные методы атак на государственные учреждения

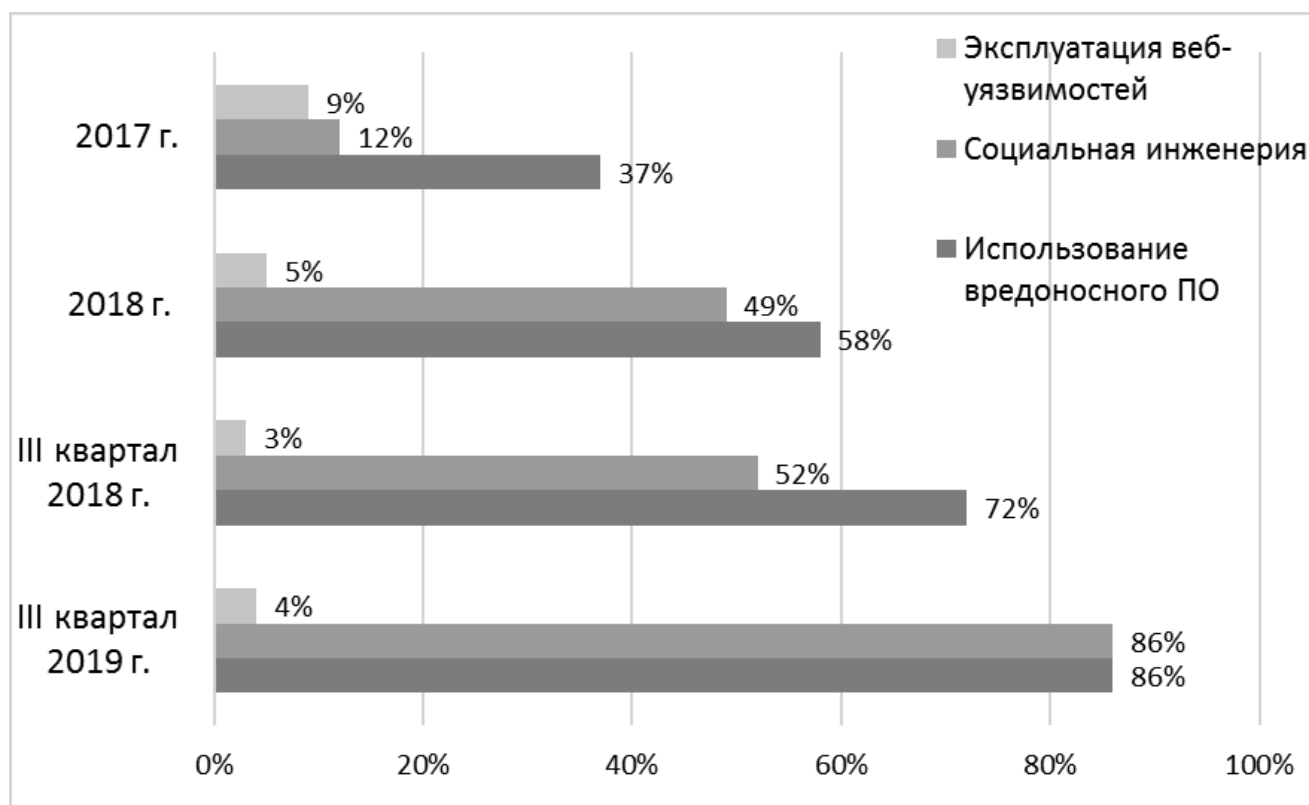


Рис. 2. Наиболее популярные методы атак на финансовые организации

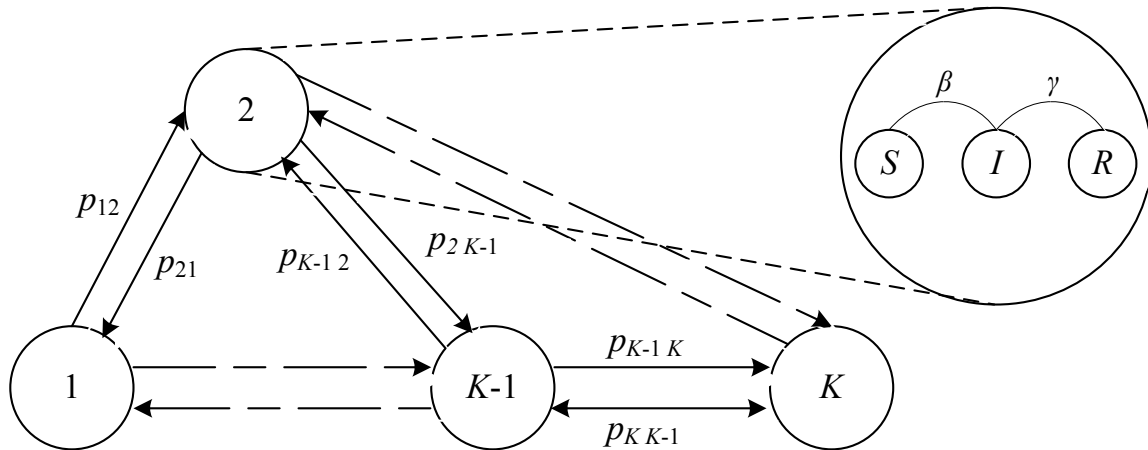


Рис. 3. Граф замкнутой сети массового обслуживания [10]

продолжать атаковать слабо защищенные ресурсы для хищения данных (персональных, медицинских и платежных), поэтому задача обеспечения эффективного функционирования систем защиты информации в КСПД актуальна и будет оставаться таковой в дальнейшем.

Модель корпоративной сети. Основой модели является сеть из K связанных узлов, образующих графовую структуру (рис. 3). Каждая пара узлов связана вероятностью p_{ij} пересылки пакета трафика из i -го в j -й узел, причем пакет может быть вредоносным (ВП).

В исследовании динамики распространения вредоносных программ в компьютерных сетях, в которых происходит два противоборствующих подпроцесса атаки и защиты узлов, нашли широкое применение претерпевшие различные модификации эпидемиологические математические модели. Наиболее релевантной для подобных исследований является SIR-модель Кермака-Маккендрика [11]. Каждый узел сети может прибывать в одном из трех состояний: «восприимчивый» (S), «заражённый» (I) или «не восприимчивый» (R), при этом β — скорость заражения, а γ — скорость восстановления (как только узел избавляется от вредоносной программы, он приобретает к ней иммунитет).

Если вредоносный пакет обнаружен в i -ом узле, то необходимо инициировать средства противодействия в узлах сети, с которыми он связан. Используя вероятности p_{ij} можно оценить общее число вредоносных пакетов в сети и количество процессов обнаружения и устранения ВП, необходимых для полного восстановления сети.

Результатом работы уровня обнаружения является вектор-строка $V = (V_1, V_2, \dots, V_K)$ — общее число вредоносных пакетов в начальный момент времени. Так как

V_i — общее число обнаруженных вредоносных пакетов для каждого i -го узла сети, то $V_i P$ — общее число ВП, поиск и устранение которых необходимо осуществлять в сети после восстановления i -го узла в начальный цикл. Элемент (i, j) матрицы P^2 есть сумма вероятностей того, что процесс восстановления узла i вызовет запуск средств противодействия в узле k , а затем в узле j .

Алгоритм оценки характеристик адаптивной СЗИ

Шаг 1. Оценить для каждой пары узлов i, j вероятность p_{ij} .

Шаг 2. Если уровень обнаружения принимает решение о наличии угрозы [1, 3], то зафиксировать начальное число вредоносных пакетов в каждом узле сети — V_i (генерируются средствами обнаружения) и инициализировать уровень противодействия [1, 5].

Шаг 3. Определить общее число инициализаций средств противодействия, вызываемых i -м модулем: $SP_i = V_i (I - P)^{-1}$, где I — единичная матрица, а $P = ||p_{ij}||$.

Шаг 4. Суммировать элементы вектор-столбцов SP_i для нахождения общего числа процессов поиска и устранения ВП в сети:

$$SP = SP_1 + SP_2 + \dots + SP_K.$$

Шаг 5. Оценить время, необходимое системе защите информации на полное восстановление сети: $T = SP/C$, где C — постоянная скорость поиска и устранения ВП. Конец алгоритма.

Для наглядности произведем вычисления для сети, переходы в которой заданы следующей матрицей:

$$P = \begin{pmatrix} 0.13 & 0.10 & 0.20 & 0.00 & 0.20 \\ 0.20 & 0.15 & 0.05 & 0.20 & 0.15 \\ 0.20 & 0.00 & 0.00 & 0.30 & 0.00 \\ 0.26 & 0.00 & 0.24 & 0.00 & 0.10 \\ 0.27 & 0.20 & 0.00 & 0.23 & 0.30 \end{pmatrix},$$

а начальное число вредоносных пакетов, обнаруженных в каждом узле задано вектором-строкой $V = (3, 5, 8, 4, 2)$.

Общее число процессов поиска и устранения ВП, которые необходимо запустить во узлах сети, определенное с помощью предложенного алгоритма, равно

$$SP = \begin{pmatrix} 4.766 & 0.962 & 1.230 & 0.953 & 1.704 & 9.615 \\ 3.681 & 7.003 & 1.707 & 2.585 & 2.922 & 17.898 \\ 4.074 & 0.918 & 9.707 & 3.524 & 1.864 & 20.087 \\ 2.554 & 0.675 & 1.751 & 5.027 & 1.593 & 11.600 \\ 2.066 & 1.159 & 0.799 & 1.366 & 3.891 & 9.281 \end{pmatrix} 68.481$$

и целая часть этого числа есть искомая оценка (68).

Заключение

Анализ статистических данных позволил определить, что вредоносное программное обеспечение вместе с социальной инженерией наибольшее число раз используется злоумышленниками для атак на ресурсы корпоративных сетей передачи данных. В связи с этим была выбрана модель корпоративной сети, в которой происходит обработка как полезного, так и вредоносного трафика.

Для оценки характеристик адаптивной системы защиты информации, которая включает уровни обнаружения и противодействия, чьи объекты инициируются только после обнаружения информационных угроз, разработан алгоритм, базирующийся на теории сетей массового обслуживания. На практике его применение позволит определить общее число процессов поиска и устранения вредоносных пакетов в сети, а также время, необходимое СЗИ на полное восстановление сети.

ЛИТЕРАТУРА

- Gruzdeva L. M. Model of adaptive information security system of a computer-based data transmission network // Cloud of Science. 2018. Vol. 5. № 3. P. 563–575.
- Вишневский В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. — М.: Техносфера, 2003. — 512 с.
- Методы и модели оценки инфраструктуры системы защиты информации в корпоративных сетях промышленных предприятий: монография / под ред. П. П. Парамонова. — СПб: Изд-во ООО «Студия «НП-Принт», 2012. — 115 с.
- Gruzdeva L.M., Monakhov M. Yu. Early detection algorithm for attacks against information resources of automatic manufacturing control systems//Automation and Remote Control. 2011. Vol.72. № 5. P. 1075–1079.
- Груздева Л. М. Модель распределенной системы противодействия угрозам информационной безопасности в корпоративной сети // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 4 / под общ. ред. А. А. Большакова. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018. — С. 129–132.
- Актуальные киберугрозы: III квартал 2019 года [Электронный ресурс] // Positive Technologies: сайт. — URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2019-q3/>.
- Актуальные киберугрозы — 2018: тренды и прогнозы [Электронный ресурс] // Positive Technologies: сайт. — URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2018/>.
- Актуальные киберугрозы — 2017: тренды и прогнозы [Электронный ресурс] // Positive Technologies: сайт. — URL: <https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/>.
- Шаньгин В. Ф. Информационная безопасность и защита информации / В. Ф. Шаньгин. — М.: ДМК, 2014. — 702 с.
- Клейнрок Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок. — М.: Книга по Требованию, 2013. — 429 с.
- Абрамов К. Г. Модели угрозы распространения запрещенной информации в информационно-телекоммуникационных сетях — Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. Владим. Гос.ун-т. — Владимир: Изд-во Владим. Гос. Ун-та, 2014.

© Груздева Людмила Михайловна (docentglm@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПО ИХ ИЗОБРАЖЕНИЯМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ¹

DETERMINATION OF THE SPATIAL ORIENTATION OF OBJECTS FROM THEIR IMAGES BASED ON NEURAL NETWORKS

*V. Klyachin
N. Peretyat'ko*

Summary. One of the tasks of 3D reconstruction of objects from their images is the problem of their spatial orientation relative to the coordinate system associated with the surveillance camera. A geometrically similar problem belongs to the class of inverse problems of projective geometry. However, the explicit solution of this problem is possible only in some special cases. Nevertheless, we set the task of determining the spatial orientation of buildings and structures from their photograph. The aim of the work is to solve the above problem by numerical methods, based on the presence in the photographs of buildings and structures of characteristic straight-line segments, which are the projection of lines running along the corners of the building. Geometrically, it can be justified that the presence of these segments is sufficient to solve the problem. Methods. Solving the problem is based on the use of a trained neural network. Novelty. Elements of the novelty of the presented solution are the use of image preprocessing for training by a neural network. Pre-processing consists in preliminary application of the Hough transform to select straight-line segments. Results. As shown by test calculations, the application of the proposed approach approximately doubles the accuracy of calculating the angle between the direction of the camera and the side plane of the building. Practical relevance. The practical application of the research results is to create a tool that allows you to automatically determine the relative position of objects on the photograph with their subsequent 3D reconstruction.

Keywords: projective geometry; spatial orientation; neural network.

Клячин Владимир Александрович

*Д.ф.-м.н., Волгоградский государственный
университет
klchnv@mail.ru*

Перетьяко Никита Олегович

*Аспирант, Волгоградский государственный
университет
vek2009@mail.ru*

Аннотация. Постановка задачи: одной из задач 3D реконструкции объектов по их изображениям является задача о пространственной ориентации их относительно системы координат, связанной с камерой наблюдения. Геометрически подобная задача относится к классу обратных задач проективной геометрии. Однако решение этой задачи в явном виде возможно только в некоторых частных случаях. Тем не менее, мы ставим задачу определения пространственной ориентации зданий и сооружений по их фотоснимку. Целью работы является решение вышеуказанной задачи численными методами, основанными на наличии на фотоснимках зданий и сооружений характерных прямолинейных отрезков, являющихся проекцией линий, идущих вдоль углов здания. Геометрически можно обосновать, что наличие этих отрезков достаточно для решения поставленной задачи. Используемые методы: решение задачи основано на использовании обученной нейронной сети. Новизна: элементом новизны представленного решения является использование предобработки изображений для обучения нейронной сети. Предобработка заключается в предварительном применении преобразования Хафа для выделения прямолинейных отрезков. Результат: как показали тестовые расчеты, применение предложенного подхода примерно в два раза повышает точность вычисления угла между направлением камеры и боковой плоскостью здания. Практическая значимость: практическое применение результатов исследования заключается в создании инструмента, позволяющего по фотоснимку в автоматическом режиме определить взаимное расположение на нем объектов с последующей их 3D реконструкцией.

Ключевые слова: проективная геометрия; пространственная ориентация; нейронная сеть.

Актуальность

Моделирование по плоскому изображению, различного рода фото и видео материалам реальных объектов является наиболее сложной задачей 3D моделирования, особенно в задачах 3D реконструкции исторических архитектурных сооружений и целых комплексов, имеющих как историческую, так и культурную ценность. Задачи реконструкции культур-

ного и исторического наследия с использованием 3D технологий предполагают, в частности, решения ряда задач нацеленных на развитие методов и технологий 3D моделирования по плоскому изображению объекта при отсутствии какой-либо возможности доступа к реальному объекту. Это требует решения ряда геометрических задач, связанных с особенностями и условиями подобных 3D реконструкций. К таким задачам можно отнести: задачи определения характерных размеров реальных

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Волгоградской области (проект № 19-47-340015)



Рис. 1. Характерные элементы на изображении

объектов и их частей, задачи определения местоположения объектов в пространстве, задачи определения настроек камеры, с помощью которой было получено изображение, а также задачи моделирования параметрических прототипов объектов в виде геометрической 3D модели. Фундаментальная научно-техническая дисциплина, занимающаяся определением формы, размеров, положения и иных характеристик объектов по их фотоизображениям носит название фотограмметрия. Но надо сказать, что отличием классических задач фотограмметрии от задач рассматриваемых нами в данной статье являются неизвестные характеристики элементов внутреннего и внешнего ориентирования снимков (настроек камеры). В настоящей статье мы предпринимаем попытку применения нейронных сетей для автоматизации решения задачи нахождения этих характеристик. В основе предлагаемой методики лежит поиск характерных наборов точек, кривых и прямолинейных отрезков снимка, которые определяются существенно исходя из информации геометрического строения объ-

екта съемки. К сожалению в имеющейся литературе, например в курсе лекций [1], или в классической монографии [2] не удалось найти решение необходимых задач в требуемом виде. В частности, классические задачи фотограмметрии предполагают известными характеристики камеры (так называемые элементы внутреннего и внешнего ориентирования снимков), с помощью которой получено изображение. Тогда как в ситуации 3D реконструкции в задачах нашей работы это принципиально не известно и требует определения по характерным точкам и элементам на изображении, например таким как на рисунке 1. С целью решения задач определения тех или иных характеристик объектов по их снимкам имеется ряд публикаций, в которых решаются прикладные задачи в самых разнообразных отраслях науки и техники. Так в работах [3] — [5] изучается совокупность характерных точек на изображении, образующая размытость. А в работах [6],[7] авторы применяют сверточные нейронные сети для реконструкции поверхности лица человека по фотографии.



Рис. 2. Извлечение из изображения прямолинейных отрезков

Постановка задачи

В настоящей статье предпринята попытка решения задачи определения пространственной ориентации объектов по их фотоснимкам. При этом сам объект 3D моделирования в настоящее время по тем или иным причинам не доступен для выполнения измерений. Соответствующая задача требует определения параметров формы объекта и аффинного преобразования проекции по некоторым геометрическим характеристикам его образов и прообразов: углам, размерам, площадям фигур, распределения оттенков цвета на изображениях. Решение этой задачи позволит определить реальные размеры и формы объектов по их изображениям или значения отношений характерных размеров этих объектов и их частей. Предполагается, что найденные решения могут быть использованы в задачах 3D реконструкции архитектурных комплексов довоенного Сталинграда. Описание соответствующей задачи было дано авторами в работе [8].

Поскольку в рассматриваемых задачах мы вычисляем параметры взаимного расположения камеры и объекта, то вместо определения параметров ориентации камеры в пространстве, мы будем определять параметры ориентации пространственных геометрических фигур, фиксируя положение камеры. Всюду в статье используется модель камеры, состоящая из трех уравнений центральной проекции

$$(x, y, z) \rightarrow (X, Y) = \left(\frac{x}{z} \delta, \frac{y}{z} \delta \right)$$

где (x, y, z) — точка в пространстве, величины X, Y моделируют пиксельные координаты на изображении, которое располагается в плоскости $z = \delta, \delta > 0$.

Предельным случаем центральной проекции является ортогональная проекция, заданная формулами

$$(x, y, z) \rightarrow (X, Y) = (x, y)$$

Основная решаемая в статье задача — вычисление ориентации здания по его фотоснимку относительно камеры съемки. Хорошо известно, что ориентация твердого тела в пространстве определяется тремя углами Эйлера. В настоящей статье мы ограничимся вычислением угла поворота вокруг вертикальной оси.

Математическая основа для вычислений

В основе метода лежит геометрическая идея, состоящая в следующем. Рассмотрим в пространстве некоторый параллелепипед P . Рассмотрим три луча выходящих из некоторой его вершины и идущих вдоль его ребер. Проекции этих лучей образуют также три луча, выходящих из одной точки. В работе [10] были установлены формулы, позволяющие определить ориентацию параллелепипеда по величинам углов между проекциями рассматриваемых лучей. Определение на фотоснимке трех таких лучей в автоматическом режиме не представляет собой легкую задачу. Тем не менее, мы можем воспользоваться алгоритмами поиска всех прямолинейных отрезков методом преобразования Хафа и попытаться провести обучение нейронной сети, подавая на ее вход изображения этих отрезков (см. рисунок 2).

Слева на рисунке 2 показан результат определения прямолинейных отрезков методом преобразования Хафа на изображении справа. Мы можем видеть, что в этом наборе отрезков имеются те, которые являются проекциями прямых, которые в пространстве идут вдоль углов здания. Помимо этих отрезков имеются и те, которые были определены, но никак не связаны с нужными нам направлениями в пространстве. Наша нейронная сеть должна уметь отделить одни отрезки от других. Поэтому мы подготовим достаточно большое количество изображений, на которых нейронная сеть должна научиться выполнять такую фильтрацию.

Таблица 1. Структура CSV файла

| Название файла изображения | Значение угла в радианах |
|-----------------------------------|--------------------------|
| ./images/Building4/Building40.png | -0.5449942604108191 |
| ./images/Building4/Building41.png | -0.21274344745388446 |
| ./images/Building4/Building42.png | 0.7165233159052476 |
| ./images/Building4/Building43.png | 0.4351587551110086 |
| ./images/Building4/Building44.png | 0.6944412618889607 |
| ... | ... |



Рис. 3. Примеры изображений 3D моделей строений

Подготовка набора данных и их предобработка

Подготовка данных для обучения нейронной сети выполнялась с использованием программы Blender. Имея в наборе ряд 3D моделей архитектурных сооружений и выполняя случайный их поворот вокруг вертикальной оси на угол в пределах от -45° до $+45^\circ$ делается рендеринг, а соответствующий файл изображения помещается в специальный каталог. При этом информация об имени файла изображения и угле поворота записывается в файл *.csv. В таблице 1 показана структура такого файла.

На рисунке ниже представлены примеры получаемых изображений. В общей сложности было создано 12000 изображений.

После того, как файлы изображений подготовлены создается файл, в который помещается результат извлечения прямолинейных отрезков с этих изображений в виде матрицы 135×240 значений пикселей в двух градациях цвета: 0 — черный цвет, 1 — белый цвет. Данные

упаковываются в виде списка таких матриц в файл формата *.nprz с помощью библиотеки numpy.

Моделирование и обучение нейронной сети

При выполнении численных экспериментов использовалась библиотека keras на базе tensorflow для языка программирования Python и были выбраны два различных подхода. В первом случае нейронная сеть строилась как классификатор. В этом случае определялось m классов. Каждый класс с номером i определял диапазон углов от $-\pi/4 + i \cdot \pi/2m$ до $-\pi/4 + (i+1) \cdot \pi/2m$, $i=0, 1, \dots, m-1$ разворота здания на изображении относительно прямой ортогональной плоскости камеры. Структура используемой нейронной сети показана на рисунке 4.

В качестве целевой функции (функции потерь) выбрана функция 'categorical_crossentropy'. Значение m подбирается равным 30 (т.е. Точность предсказания 3°).

Насколько предлагаемый подход лучше можно судить по результатам на рисунке 6. На этом рисунке

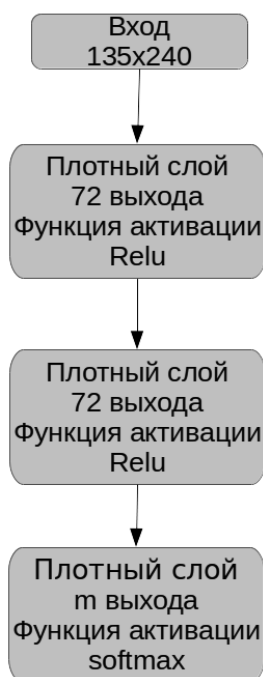


Рис. 4. Структура нейронной сети

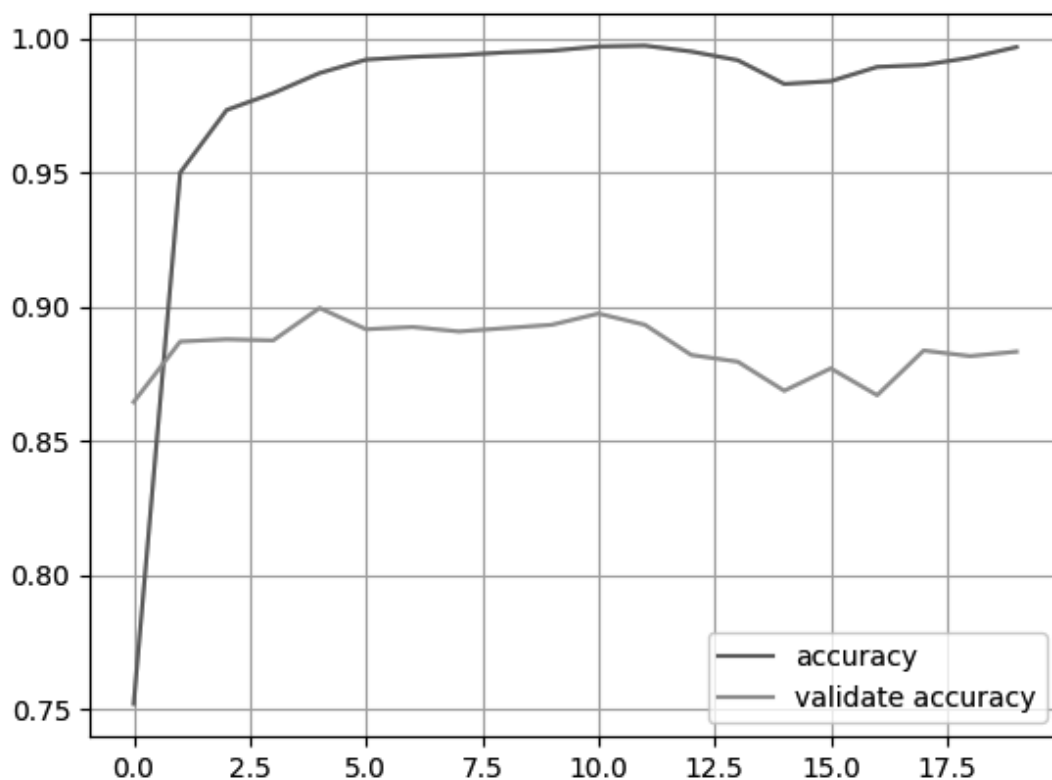


Рис. 5. Результаты обучения нейронной сети

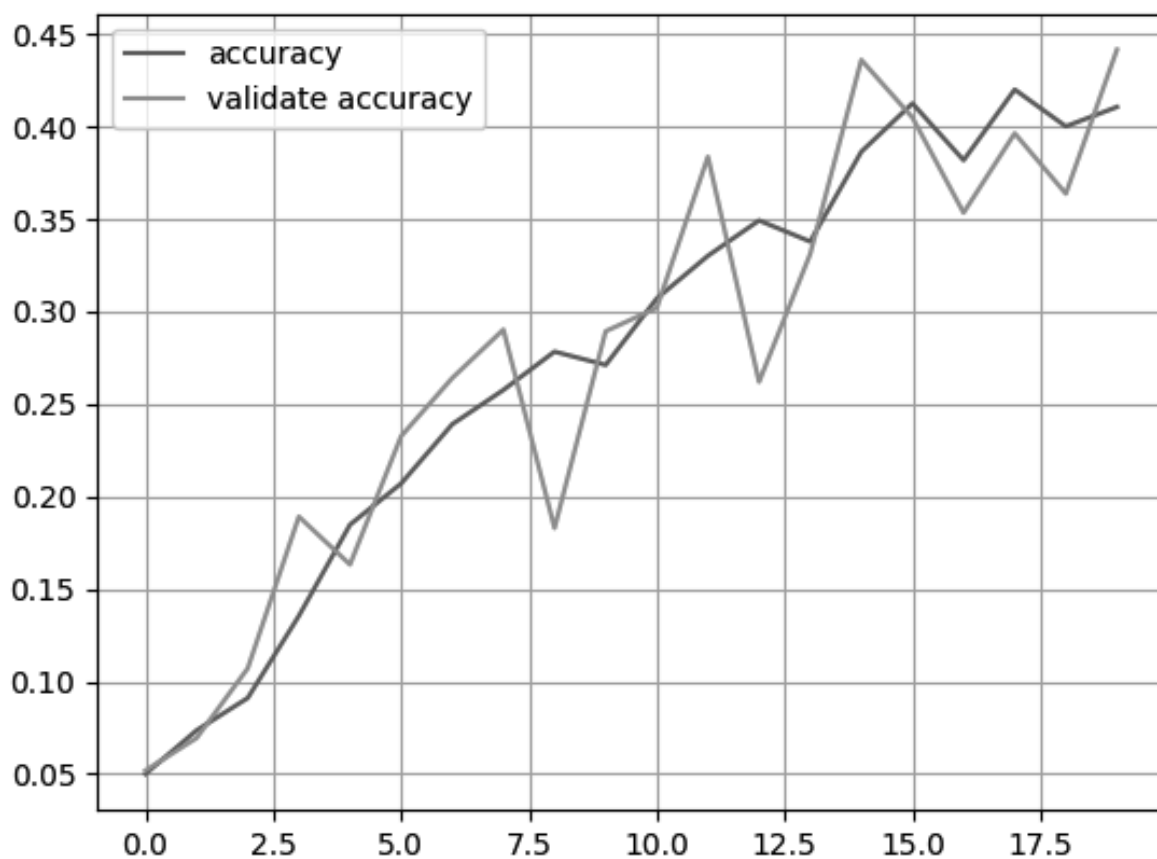


Рис. 6. Результаты обучения нейронной сети на исходных изображениях

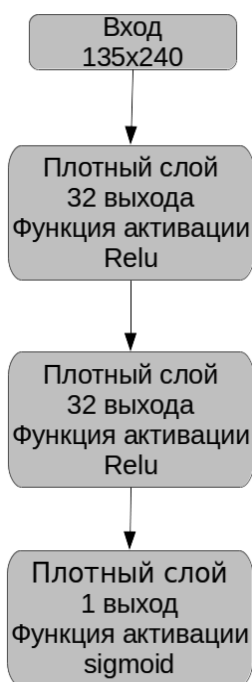


Рис. 7. Структура нейронной сети для регрессии угла

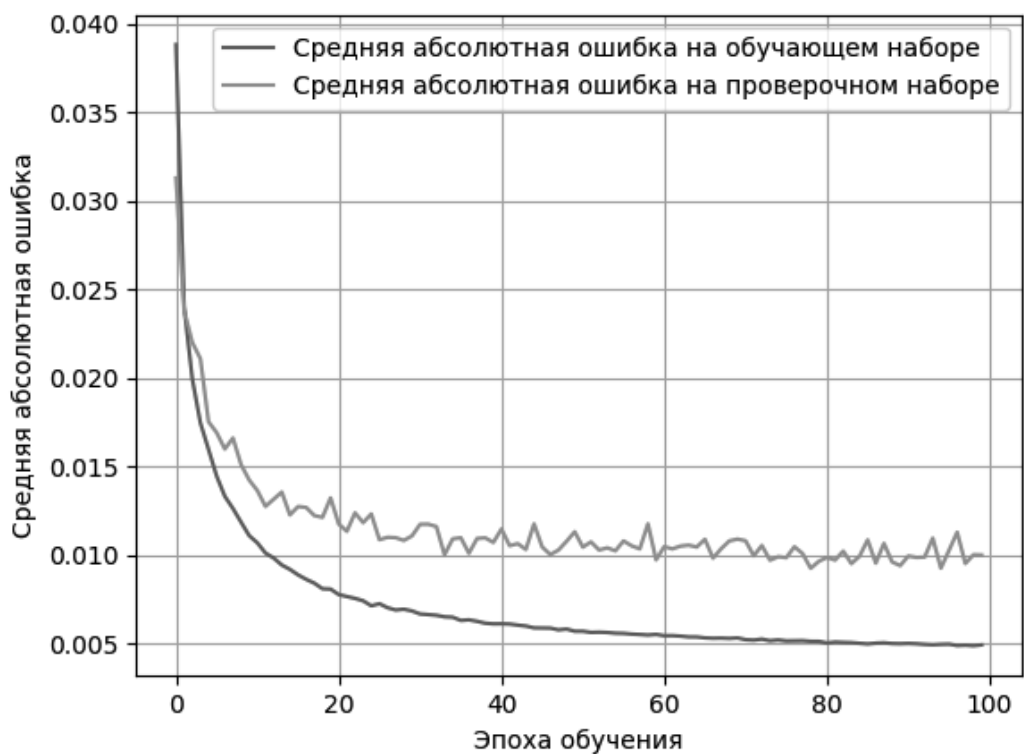


Рис. 8. Обучение регрессионной нейронной сети

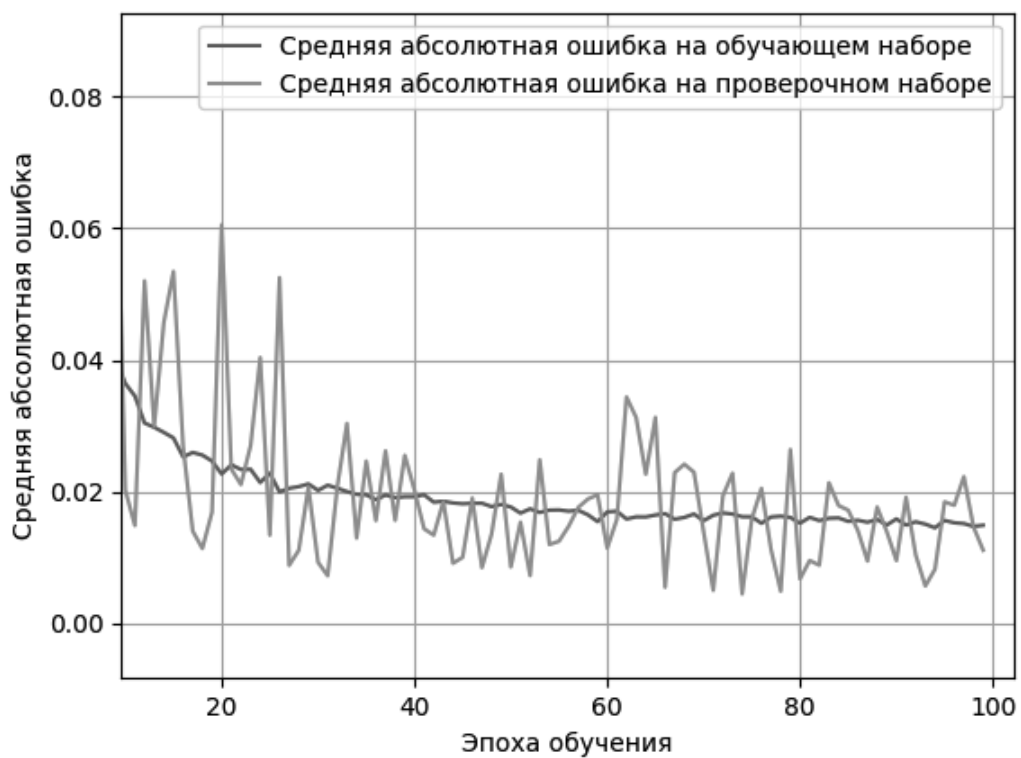


Рис. 9. Обучение регрессионной нейронной сети на исходных изображениях

показан процесс обучения нейронной сети с той же архитектурой, но когда вместо пред обработанного изображения (см. рисунок 2) в нейронную сеть подается непосредственно само изображение.

Рассмотрим второй подход, основанный на использовании функции потерь вида 'mse' (mean square error — среднеквадратичная ошибка). В этом случае нейронная сеть выполняет регрессию и предсказывает значение искомого угла. Поэтому в качестве меток мы используем не идентификатор класса, а непосредственно значение угла в радианах. Структура нейронной сети показана на рисунке 7.

Результаты тестирования показаны на рисунках 8 и 9.

Заметим, что как в первом случае, так и во втором точность вычисления угла на тестовом наборе данных

и на тренировочном наборе данных примерно в два раза лучше, чем при использование тех же нейронных сетей, но без предобработки изображений.

Выводы

В статье предложен метод, основанный на применение предобработки изображений с помощью преобразования Хафа и построения нейронной сети для вычисления углов пространственной ориентации объектов зданий на фотоснимках. Показано, что точность вычисления повышается примерно в два раза по сравнению с ситуацией, когда предобработка не производится.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Администрации Волгоградской области (проект № 19-47-340015).

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов А. П. Курс лекций по фотограмметрии / Михайлов А. П., Чибуничев А. Г. — МИИГАиК. Ракурс (26 марта 2013).
2. А.Н. Лобанов Фотограмметрия / Н. Т. Куприна, З.Н. Чумаченко. — М.: «Недра», 1984. — 552 с.
3. Локтев Д.А., Быков Ю. А., Коваленко Н. Использование метода анализа размытия изображения для определения внешних дефектов железнодорожного пути // Наука и техника транспорта. 2016. № 1. С. 69–75.,
4. Локтев А.А., Локтев Д. А. Метод определения расстояния до объекта путем анализа размытия его изображения // Вестник МГСУ. 2015. № 6. С. 140–151.,
5. Локтев А.А., Бахтин В. Ф., Черников И. Ю., Локтев Д. А. Методика определения внешних дефектов сооружений путем анализа серии его изображений в системе мониторинга // Вестник МГСУ. 2015. № 3. С. 7–16.
6. Jackson A.S. et al. Large pose 3D face reconstruction from a single image via direct volumetric CNN regression //2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV).— IEEE, 2017. — С. 1031–1039.
7. Jackson A.S. et al. Large Pose 3D Face Reconstruction from a Single Image via Direct Volumetric CNN Regression //arXiv preprint arXiv:1703.07834.— 2017.
8. E. G. Grigorieva, V. A. Klyachin Mathematical model of 3D maps and design of information system for its control // Journal of Computational and Engineering Mathematics, 2016., № 4 p. 51–58.
9. OpenCV: Geometric Image Transformations https://docs.opencv.org/3.4/da/d54/group__imgproc__transform.html
10. Григорьева Е.Г., Клячин В. А. Алгоритм автоматического определения параметров камеры в пространстве на основе характерных элементов фотоснимка // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 45–6. С. 10–20.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕЙСМОЛОКАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

SURVEY OF THE SEISMOLOCATION MEASUREMENTS' DISTRIBUTION

**A. Marhakshinov
L. Makshanova
T. Tsybikova**

Summary. The results of the experimental study of the human location estimates distribution type are considered. The estimates are obtained with seismic geophonic sensors. Presence of the dependence between the object position in relation to the measuring sensors and location estimation accuracy is revealed. Based on the experimental data analysis, conclusion about the possibility of the more precise description of the seismolocation measurements' distribution with the beta law is drawn.

Keywords: seismic guard systems, probability density estimation, location measurements.

Мархакшинов Аюр Лувсаншаравович

*К.т.н., старший преподаватель, ФГБОУ ВО
«Бурятский государственный университет имени
Доржи Банзарова», Россия, Улан-Удэ
ayurmar@yandex.ru*

Макшанова Лариса Михайловна

*К.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Бурятский
государственный университет имени Доржи
Банзарова», Россия, Улан-Удэ
lorimak@list.ru*

Цыбикова Туяна Сандаликовна

*К.п.н., доцент, ФГБОУ ВО «Бурятский
государственный университет имени Доржи
Банзарова», Россия, Улан-Удэ
cts2001@mail.ru*

Аннотация. Рассматриваются результаты экспериментального исследования характера распределения сейсмолокационных оценок местоположения человека, полученных с помощью геофонных датчиков. Показано наличие зависимости между расположением объекта относительно измерительных датчиков и точностью оценивания его местоположения. На основании анализа экспериментальных данных сделан вывод о возможности более точного описания распределения сейсмолокационных измерений с помощью бета-закона.

Ключевые слова: сейсмические системы охраны, оценка плотности распределения вероятностей, измерение местоположения.

Введение

Для обеспечения безопасности на протяженных рубежах широко применяются периметровые средства охраны различных типов: виброакустические, инфракрасные, магнитометрические, сейсмические, емкостные и другие. Сейсмические системы охраны (ССО) относятся к пассивным системам, не допускающим демаскирующего излучения энергии в окружающее пространство. Другим достоинством ССО является возможность их скрытой установки за счет погружения датчиков и кабелей в грунт, что обеспечивает визуальную незаметность систем подобного вида.

Обладая наибольшей потенциальной способностью обнаружения среди пассивных охраняемых систем, ССО особенно нуждаются в повышении эффективности алгоритмов обработки данных, как в основном средстве улучшения их тактико-технических характеристик [1].

1. Описание эксперимента

Дискретные сейсмические датчики в отличие от более простых линейных чувствительных элементов позволяют локализовать местоположение нарушителя с точностью до нескольких метров. Получаемые оценки координат при необходимости могут быть использованы для дальнейших вычислений, например, для оценки траектории движения нарушителя.

Стоит отметить, что главной особенностью ССО является специфическая среда распространения сейсмических сигналов. Применение известных радиолокационных методов оценивания локального местоположения объектов и траекторного анализа в данной области, разумеется, возможно, но различия в распределении первичных измерений, обусловленные разными средами распространения сигналов, могут привести к неоптимальным результатам.

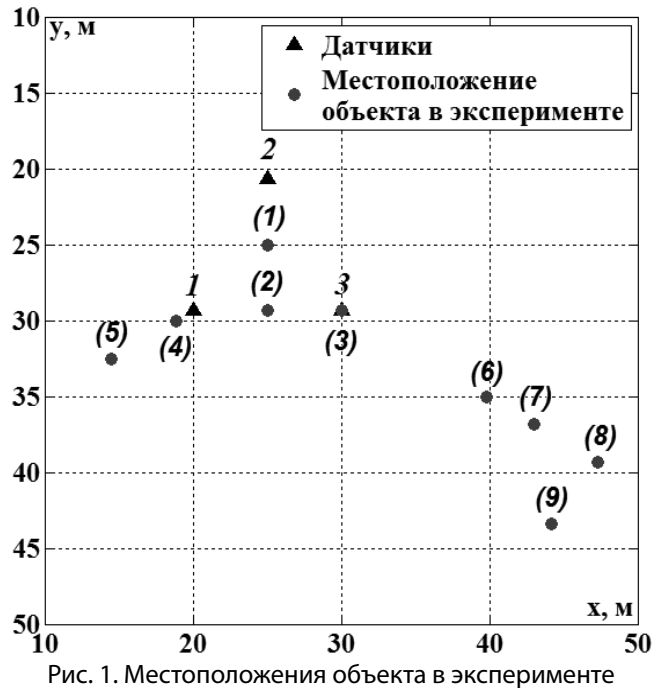


Рис. 1. Местоположения объекта в эксперименте

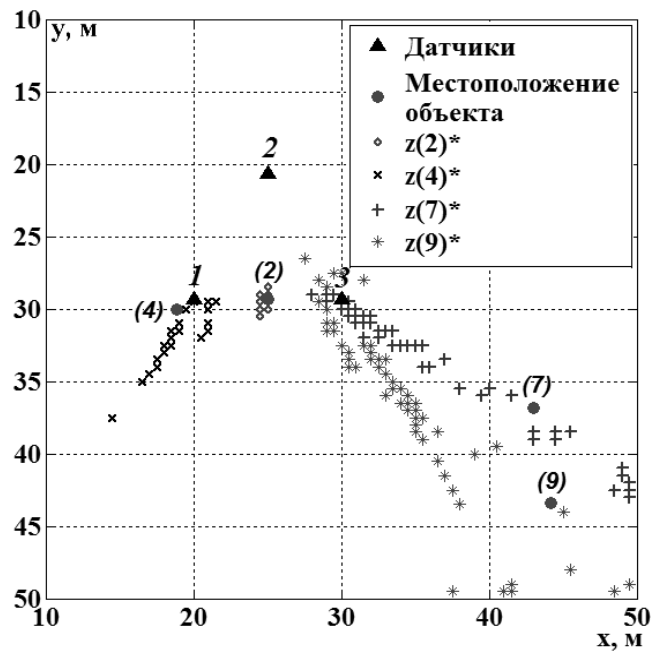


Рис. 2. Оценки координат объекта, полученные в реальных условиях (эксперименты № 2, 4, 7, 9)

Для получения представления о характере распределения реальных сейсмолокационных измерений был предпринят ряд натурных экспериментов. В ходе экспериментов тройкой датчиков-геофонов, образующих навигационный треугольник, регистрировались серии многократно повторяющихся шагов человека, выполнявшиеся в точках с известными координатами $\mathbf{z}_i = \|x_i, y_i\|^T$. Расстояние между датчиками по результатам подготовительных замеров было выбрано равным

10 м. На рис. 1 показаны местоположения объекта в одном из экспериментов, для которых фиксировались результаты измерений.

Длительность проводившихся воздействий позволила получить около 200 локальных оценок декартовых координат местоположения

$$\mathbf{z}_i^* = \|x_i^*, y_i^*\|^T$$

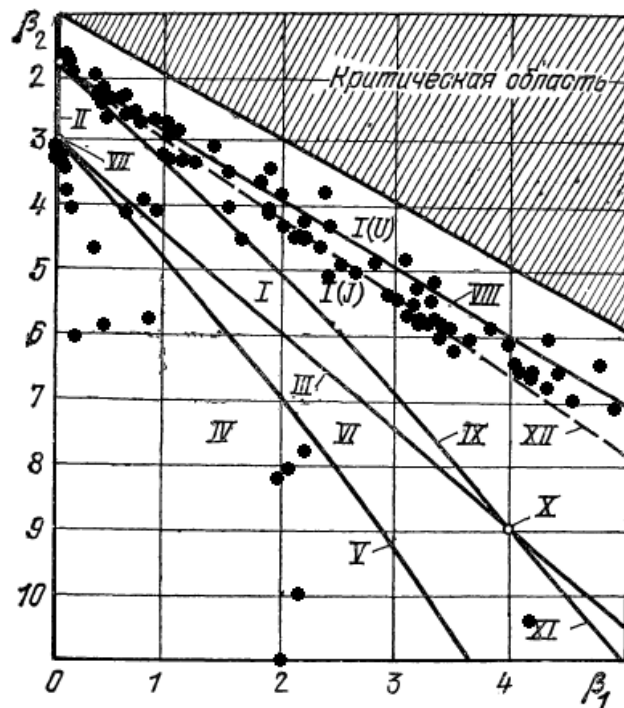


Рис. 3. К выбору типа распределения по диаграмме Пирсона

для каждого эксперимента. Для расчета оценок z_i^* использовался разностно-дальномерный метод.

11. Анализ результатов эксперимента

Характер разброса оценок местоположения, полученных экспериментально, позволяет говорить о наличии существенной зависимости между местоположением объекта и точностью определения его координат (рис. 2). Заметим, что похожее влияние геометрического фактора на величины ошибок измерения координат имеет место и в пассивной радиолокации [2].

Далее была предпринята попытка определить характер распределения измерений z_{ii}^* , т.к. в случае его отличия от нормального закона, используемого в радиолокационных методах оценивания, можно ожидать повышения точности дальнейшего траекторного анализа. Наиболее подходящий закон распределения выбирался из семейства распределений Пирсона с помощью метода моментов, который подробно рассмотрен, например, в [3]. Для каждого набора экспериментальных данных x_i^* и y_i^* вычислялась пара величин β_1 и β_2 :

$$\beta_1 = \mu_3^2 \mu_2^{-3} = \gamma_1^2, \quad \beta_2 = \mu_4 \mu_2^{-2} = \gamma_2 + 3, \quad (1)$$

где μ_k — центральные моменты распределения, γ_1 и γ_2 — коэффициенты асимметрии и эксцесса. Рассчитанные пары значений β_1 и β_2 далее наносились на диаграмму Пирсона, позволяющую определить тип распреде-

ления. Результаты анализа экспериментальных данных приведены на рис. 3.

Видно, что значительная часть точек оказалась расположена в области I типа, что указывает на схожесть распределений выборок с бета-распределением вида:

$$w(x_n) = \frac{1}{B(a,b)} x_n^{a-1} (1-x_n)^{b-1}, \quad (2)$$

где

$$x_n = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}; \quad a = \frac{m_1(m_1 - m_2)}{m_2 - m_1^2}; \quad b = \frac{(1 - m_1)(m_1 - m_2)}{m_2 - m_1^2};$$

m_1 и m_2 — математическое ожидание и второй начальный момент величины x_n , соответственно; $B(\cdot)$ — бета-функция.

Отметим, что нормальному распределению на диаграмме соответствует точка VII.

Заключение

Таким образом, было показано, что распределение сейсмолокационных наблюдений, получаемых от геофонных датчиков, точнее описывается с помощью бета-закона. Данный факт может быть использован для повышения точности алгоритмов траекторного анализа, использующих подобные измерения в качестве входных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Звездинский С.С., Иванов В. А. Повышение информативности пассивных периметровых средств обнаружения // Современные технологии безопасности. — 2005. — № 1. — С. 6–11.
2. Ширман Я. Д. Теоретические основы радиолокации. — М: Советское радио, 1970. — 560 с.
3. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника. 2-е изд., перераб. и доп. — М: Радио и связь, 1982. — 624 с.

© Мархакшинов Аюр Лувсаншаравович (ayurmar@yandex.ru),
Макшанова Лариса Михайловна (lorimak@list.ru), Цыбикова Туяна Сандаликовна (cts2001@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Г. Улан-Удэ

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-МОДЕЛЕЙ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

FEATURES OF USING BIM MODELS IN CONSTRUCTION PROCESSES

A. Myasnikov

Summary. The article is devoted to the analysis of the features of the use of information modeling in construction. Special attention is paid to the algorithm for creating a digital base model, which will assess the level of building performance. The possibilities of the BIM-model in increasing the reliability of the construction project implementation are also considered. Particular emphasis is placed on the processes, components and elements of the delivery and use of information in the BIM-model.

Keywords: BIM model, information, construction, operation, productivity, building.

Мясников Алексей Георгиевич

*К.ф.-м.н., доцент, Московский государственный
строительный университет
grubus@yandex.ru*

Аннотация. Статья посвящена анализу особенностей использования информационного моделирования в строительстве. Отдельное внимание уделено алгоритму создания цифровой базовой модели, которая позволит оценить уровень производительности здания. Также рассмотрены возможности BIM-модели в повышении надежности реализации строительного проекта. Особый акцент сделан на процессах, составляющих и элементах доставки и использования информации в BIM-модели.

Ключевые слова: BIM-модель, информация, строительство, эксплуатация, производительность, здание.

Рыночные условия меняют условия строительства и требуют повышения эффективности проектирования строительного производства.

Большую часть времени при работе над строительным проектом занимает детальное проектирование и подготовка рабочей документации. После завершения эскизного проектирования модель обычно экспортируется в формат традиционной системы автоматического проектирования (DXF, DWG и др.), а затем импортируется в расчетный программный комплекс [1]. При этом одной из ключевых проблем управления жизненным циклом строительства является то, что различные участники проекта требуют разного типа информации от архитектора. Информация, необходимая для конструктора отличается от информации, необходимой для строительной компании, и сильно отличается от информации, необходимой для управления зданием во время его жизненного цикла.

В данном контексте следует отметить, что информационная революция в строительстве, охватившая в последние годы все развитые страны мира, открыла широкие перспективы для существенного улучшения и развития, механизмов управления цифровой информацией за счет расширения 3D-проектирования, сокращения сроков и стоимости строительства, повышения эффективности эксплуатации объектов [2].

Особое место в данных процессах занимает использование концепции информационного моделирования зданий BIM (Building Information Modeling). Сегодня в Ев-

ропе подавляющее количество масштабных проектов разрабатывают с помощью BIM-процессов [3].

Несмотря на то, что одни страны внедряют технологии BIM более быстрыми темпами, чем другие, в настоящее время существует консенсус относительно того, что глобальная урбанизированная среда значительно выигрывает от потенциала BIM в части улучшения социальных и экологических показателей строительства и как следствие возводимых зданий и сооружений. Концепция BIM является ключевым элементом в актуальном поиске более устойчивых (стабильных) решений, и она уже движется в направлении становления в качестве единого, общепризнанного отраслевого подхода на глобальном уровне. В данном контексте следует отметить, что в 2018 году для поддержки BIM и в целях поощрения его более широкого использования был опубликован международный стандарт ISO 19650 [4].

Однако в связи с нелинейным процессом использования BIM-технологий в строительстве повышаются риски получить фрагментарную и несогласованную картину требований и подходов к информационному моделированию, что в свою очередь может привести к возникновению барьеров на строительном рынке, увеличению уровня финансовых убытков, трудностям при разработке единой цифровой модели, объекты которой комплексно синхронизированы.

Таким образом, указанные обстоятельства обуславливают актуальность выбранной темы исследования,

а также подтверждают ее теоретическую и практическую значимость.

Вопрос о необходимости введения и развития информационного моделирования в строительстве достаточно активно изучается отечественными и зарубежными учеными к числу которых относится Т. Козлова, В. Талапов, Л. Трофимова, А. Томан, Л. Устиновичус.

Вопросам усовершенствования критериальной и топологической базы BIM-модели посвящены труды А. С. Билык, М. А. Беляева, А. И. Теселкина, М. С. Барабаша, К. И. Киевской.

Однако ряд вопросов, связанных с компьютерной обработкой всей информации для принятия решений, начиная — от автоматических чертежей, проверки коллизий в конструктивных решениях, спецификации конструкций для заводов-автоматов, расчетов смет и тому подобное, остаются открытыми, требующими более углубленного анализа и проработки.

Таким образом, с учетом вышеизложенного, цель статьи заключается в рассмотрении особенностей использования BIM-технологий в строительстве для анализа эффективности зданий.

3D моделирование строительного объекта со всей инженерной инфраструктурой выполняется на основании технического задания в виде плоских 2D чертежей, различных схем, эскизов и других необходимых материалов архитектурно-конструкторского раздела, а также разделов инженерных систем [5]. Цифровая 3D модель представляется в форматах RVT (Autodesk Revit Structures, Revit Architectures, Revit MEP), а также как дополнение в формате DWG для пользовательского просмотра в системе Autocad, или в системе ArchiCAD, Renga Architecture.

Рассмотрим более подробно алгоритм создания цифровой базовой модели, которая позволит провести предварительный анализ показателей и оценить альтернативные меры по улучшению производительности здания.

Этап 1. Сбор данных о здании. Базовая модель требует наличия обобщенной информации о размерах, форме, расположении и ориентацию здания и др.

Если имеется бумажный план. Прежде всего необходимо сделать анализ и оценку качества источника; сравнить исходные данные с существующим зданием и сделать вывод о наличии изменений в результате проведения ремонтов или мероприятий по реконструкции во время эксплуатации.

Если имеется файл в формате CAD. Для начала необходимо убедиться в его соответствии, чтобы определить можно ли его использовать или следует начать все с нуля.

Если чертежи не существует? В таком случае есть несколько путей: обычное обследование здания, лазерное сканирование, цифровая фотография.

Этап 2. Создание базовой модели. На этом этапе создается точная модель, которая будет включать планы, фасады, разрезы, 3D виды. Для работы понадобится библиотека из сформированных элементов: окна, двери, перекрытия и т. На данном этапе важную роль играет точность, поскольку созданная цифровая модель станет основой для анализа, обзора и реализации проекта [6].

Этап 3. Выполнение анализа характеристик здания. Для примера возьмем Autodesk Green Building Studio. Используя специализированные строительные инструменты данной программы можно осуществить моделирование и оценку используемых материалов, их количество, положения солнца, эффект от освещения и это в свою очередь даст возможность сделать соответствующие выводы по улучшению характеристик здания, экономических и экологических показателей.

Этап 4. Сравнение и приоритетность проектов. После завершения анализа, следующим шагом будет определение приоритетности инвестирования в данный или альтернативный проект. На основе цифровой базовой модели оценить экономическую и экологическую отдачу после улучшения инженерно-конструктивных и санитарно-технических характеристик здания [7,8]. Также можно оценить целесообразность использования альтернативных источников энергии; провести моделирование и визуализацию необходимых процессов, что даст возможность предположить, как здание будет работать после введения в эксплуатацию.

Итак, после прохождения указанных этапов формируется информационная многофункциональная 3D модель, которая представляет собой полную реалистичную визуализацию объекта, содержащую в себе всю техническую информацию о его составляющих элементах, а также полную 2D информацию. Имеющиеся данные позволяют генерировать и выполнять все необходимые плоские чертежи, а также распечатывать любые необходимые виды с любой точки пространства [9].

На рис. 1 представлен пример 3D модели здания.

Помимо оценки производительности здания BIM-модель позволяет сформировать обоснованные рекоменда-

Таблица 1. Основные подсистемы «BIM-модуля администрирования строительного цикла»

| Наименование подсистемы | Функциональное назначение подсистемы |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Унифицированный интерфейс | Выполняет функции организации процесса с обеспечением просмотра, печати, корректировки его основных и промежуточных результатов как в автоматическом, так и в диалоговом режимах, используя такие инструменты как: различные меню, экранные формы, запросы, подсказки и т.д. |
| База данных | Обеспечивает процесс разработки информации и включает системные программы управления данными, совокупность файлов, состоящих из однородных по структуре записей, и содержащих перечень конкретных показателей и характеристик (нормы, нормативы, справочные данные, технологические условия производства, ограничения для технологических схем, режимов, процессов, данные для расчета трудоемкости, основной заработной платы, основные машины и механизмы для выполнения работ, строительный транспорт, инструмент, приспособления и вспомогательные материалы) |
| База знаний | Выполняет функции настройки системы и генерации знаний, включая расчетные методики со строгими суждениями, эмпирические правила, формулы, таблицы, аналитические зависимости, диаграммы, выражения, систему критериев оценки, методы формирования проектных решений. Информация в базе знаний представляется в виде текстов, таблиц, графиков, формул и т.п. |
| Специализированные процессоры | Включают программно-методические модули решения задач управления, организации и технологии строительного производства. Кроме того, в состав данных процессоров входят модули, обеспечивающие их «стыковку» с другими системами САПР |
| Функциональный аспект | Разработка функциональных подсистем с последующим их объединением. Данный аспект, прежде всего, учитывает функции системы, ее поведение, а также системосоздающие факторы. Процесс автоматизированного проектирования рассматривается как комплекс структурно, функционально согласованных подсистем, задач. |

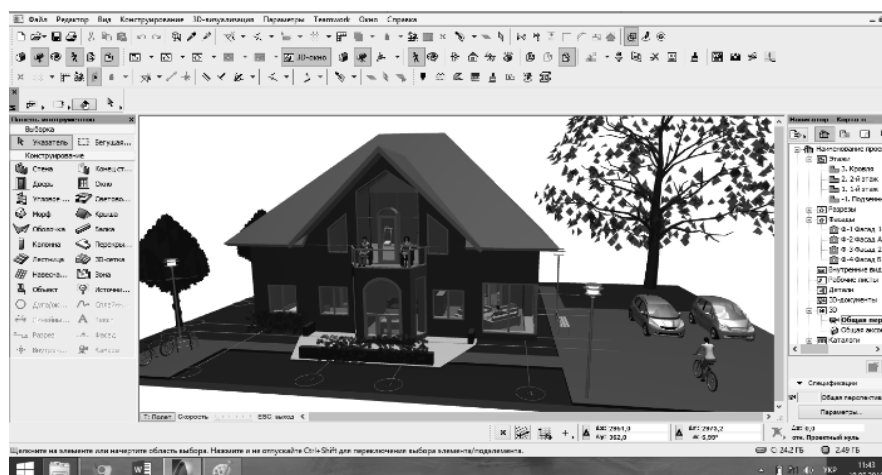


Рис. 1. 3D модель здания в системе ArchiCAD

дации, касающиеся повышения надежности реализации строительного проекта [10]. Для этого строительной организации необходимо разработать специальный программный комплекс, который будет администрировать каждый этап строительного цикла (см табл. 1).

Исследования, посвященные упорядочению множества вопросов, которые могут быть решены с использованием BIM-модели, помимо рассмотренных выше, исходя из накопленного опыта принятия организационно-технологических решений, позволяют выделить следующие группы задач, достижение которых значительно

упрощается благодаря внедрению информационного моделирования в строительную сферу:

- ♦ оценка организационно-технологических решений на основе данных содержащихся в информационной модели здания;
- ♦ анализ организационно-технологической надежности на основе данных, полученных из календарного планирования возведения объекта;
- ♦ повышение организационно-технологической надежности объекта строительства;
- ♦ комплекс задач управления материально-техническими ресурсами при возведении объекта;

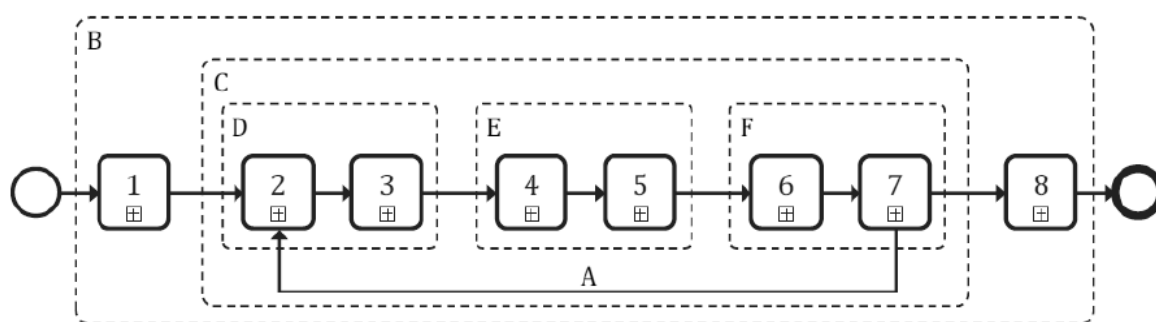


Рис. 2. Процесс доставки и использования информации в BIM-модели

Условные обозначения:

- 1 — Оценка и потребности; 2 — Приглашение к участию в тендере; 3 — Конкурсная заявка;
 4 — Назначение; 5 — Мобилизация; 6 — Совместная подготовка информации;
 7 — Реализация информационной модели; 8 — Завершения проекта (завершение этапа реализации);
 A — информационная модель, разработанная текущей группой (группами) реализации проекта для каждого последующего получателя;; B — мероприятия, проводимые в рамках каждого проекта;
 C — мероприятия, осуществляемые для каждого получателя информации;
 D — деятельность, осуществляемая на этапе закупок (для каждого назначения);
 E — деятельность, осуществляемая на этапе информационного планирования (для каждого назначения); F — деятельность, осуществляемая на этапе подготовки информации (для каждого назначения).

- ◆ разработка строительных генеральных планов и схем производства строительно-монтажных работ;
- ◆ механизация и транспортное обслуживание производства работ [11].

Как уже отмечалось ранее, существенную роль BIM-моделирование играет в процессе обмена информацией на стадии проектирования, строительства и передачи, в том числе процессов, связанных с задачами, ролями и обязанностями архитекторов, подрядчиков, строителей, а также с идентификацией и назначением ответственных сторон для каждого вида деятельности и задачи.

Процесс управления информацией в рамках BIM-модели подробно представлен на рисунке 2.

Таким образом, подводя итоги, отметим, что развитие информационного моделирования позволило переосмыслить некоторые устоявшиеся принципы управления процессами в строительстве. BIM-моделирование сегодня выходит за пределы проектирования и активно используется в сфере производства, эксплуатации, диагностики зданий, также служит информационным кластером наполнения сведениями относительно взаимодействия между системами здания, моделей их трансформаций в реальных условиях, данных, касающихся эргономики и экологической эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chen, Yilin Adoption of building information modeling in Chinese construction industry: The technology-organization-environment framework // Engineering, construction and architectural management. 2019. Volume 26: Number 9; pp 1878–1898.
2. Li, Jianbin et al. Application and outlook of information and intelligence technology for safe and efficient TBM construction // Tunnelling and underground space technology. 2019. Volume 93.
3. Мясников А. Г. Информационное моделирование в строительстве // Информатика, вычислительная техника и управление. Серия: Естественные и технические науки № 10. С. 142–144.
4. Akram, Ramsha Exploring the role of building information modeling in construction safety through science mapping // Safety science. 2019. Volume 120; pp 456–470.
5. Wang, Heng-Wei Work package-based information modeling for resource-constrained scheduling of construction projects // Automation in construction. 2020. Volume 109.
6. Xu, Zhao Combining IFC and 3D tiles to create 3D visualization for building information modeling // Automation in construction. 2020. Volume 109.

7. Зорина А.С., Беляков С.И. Аспекты совершенствования методов управления контролем качества строительства на основе информационных технологий // Экономика и предпринимательство. 2018. № 7(96). С. 817–820.
8. Рахматуллина Д.Т., Головачева В.Н. Информационные технологии в строительстве // Перспективы развития строительного комплекса. 2018. № 12. С. 384–387.
9. Золина Т.В., Рассказова С.В. Использование информационных технологий в строительстве // Перспективы развития строительного комплекса. 2018. № 12. С. 433–437.
10. Аникеев С.В. Применение информационных технологий при проектировании и строительстве промышленного объекта // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2019. № 3(90). С. 5.
11. Андреева А.Б. Актуальность использования технологий информационного моделирования на всех этапах «жизненного цикла» объекта капитального строительства // Уральский научный вестник. 2019. Т. 3. № 2. С. 63–66.

© Мясников Алексей Георгиевич (grubus@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Московский государственный строительный университет

ОСОБЕННОСТИ ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ МЕЛКОСЕРИЙНОГО-ПРОИЗВОДСТВА

FEATURES OF OPERATIONAL AND CALENDAR PLANNING OF SMALL-SCALE PRODUCTION

S. Savinov

Summary. The process of operational-calendar small-scale production of radio-electronic products is considered, and the analysis of possible options for organizing the production process is made.

Keywords: operational and calendar planning, swarm intelligence, automated production process management.

Савинов Сергей Владимирович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
conf-mail@bk.ru

Аннотация. Рассматривается процесс оперативно-календарного мелкосерийного производства радиоэлектронной продукции, производится анализ возможных вариантов организации производственного процесса.

Ключевые слова: оперативно-календарное планирование, роевой интеллект, автоматизированное управление производственным процессом.

Повышение эффективности производственного процесса предприятия является первоочередной целью производства. Выполнение данной цели достигается за счет оптимального распределения производственных ресурсов в процессе выполнения технологических операций.

Решением задачи по сокращению времени производственного цикла может являться создание автоматизированной системы минимизации производственных циклов, то есть создание системы автоматизированной разработки оперативно-календарного плана, создание виртуального продукта в виде алгоритма и программного обеспечения, интегрированного в программное обеспечение АСУП. При этом план не обязательно представлять на твердой копии. Особенно актуальным является решение задачи по созданию системы автоматизированной минимизации производственных циклов, по созданию программного обеспечения системы автоматизированной разработки оперативно-календарных планов.

Известно, что задачи оперативно-календарного планирования традиционно решаются в системах класса APS (Advanced Planning & Scheduling) и MES (Manufacturing Execution System). Существующие на рынке APS и MES решения обеспечивают оперативно-календарное планирование для крупных производств дискретного типа и не всегда в состоянии отслеживать динамику изменения условий организации производства, характерную для предприятий мелкосерийного производства радиоэлектронных изделий. Кроме того, при построении оперативно-календарного плана для указанного вида производств должны учитываться следующие особенности технологических процессов (ТП): разделение ТП на технологические операции, наличие ограничений

на очередность выполнения технологических операций, реализуемых на специализированных станциях, работа с партиями изделий, необходимость учета времени перепрограммирования станции на выпуск новой партии продукции и так далее [1].

Таким образом, из всего многообразия систем класса APS и MES, представленных на рынке, ни одна не решает задачи оперативно-календарного планирования для мелкосерийного предприятия по производству радиоэлектронных изделий в полном объеме. Применение известных решений потребует доработки готового ПО под нужды мелкосерийного производства предприятия.

Поэтому актуальной является разработка автоматизированной системы составления оперативно-календарных планов на примере производства радиоэлектронных изделий, которая адаптивно с высоким быстродействием учитывает динамику изменения условий в организации производств на основе методов минимизации времени производственных циклов и с учетом всех особенностей ТП.

При решении задач календарного планирования находят применение эвристические методы. Данные методы основаны на алгоритмах построения производственных планов без проведения полного или частичного перебора вариантов, то есть по правилу, которое называется «снижением требований». Оно заключается в отказе от поиска оптимального решения и нахождения вместо этого «хорошего решения» за приемлемое время. Однако методы, применяемые для построения алгоритмов такого типа, значительно зависят от специфики задачи. Таким образом, универсального алгоритма построения производственных планов не существует

и поэтому предварительно решать задачу по построению последних целесообразно с применением разных методов и затем выбрать наиболее приемлемое решение согласно экспертным оценкам с учетом критериев оптимальности.

Для реализации вопроса по минимизации производственного цикла мелкосерийного производства генетическим методом, путем автоматизированного создания оперативно-календарных планов, сокращается технологический процесс, при этом технологический процесс разделяется на технологические операции изготовления радиоэлектронных изделий.

Рассматриваемый тип производства радиоэлектронных изделий определяется возможностью изготовления на одной и той же линии различного рода как простой, так и сложносоставной продукции. Оперативное переоборудование производственных мощностей для производства изделий с более высокими техническими характеристиками, обеспечение высокого качества и экономической эффективности — все это связано с автоматизацией производства и систем управления.

В результате функционирования автоматизированной системы технологической подготовки производства формируется необходимая документация (технологическая документация, нормы времени, и т.п.), которая является директивной основой для выполнения технологических операций, в части последовательности выполнения действий и характера выполнения процедур при изготовлении продукции. Использование подсистемы управления и планирования позволяет сделать систему АСТПП/АСУП более гибкой и динамичной [4].

Поэтому наиболее актуальной задачей является организация функциональной структуры подсистемы автоматизированного управления и оперативно-календарного планирования, а также разработка и описание новых методов и подходов организации системы управления и планирования.

Для создания новых методов организации системы управления и планирования технологической подготовки необходимо разработать модель подсистемы управления и оперативно-календарного планирования, разработать новый эффективный алгоритм автоматизированного планирования и управления производственными процессами, разработать функциональную модель системы управления и планирования с учетом организации обмена данных с системами АСУП, АСТПП, АСУ ТП.

Существующие системы построения и оптимизации оперативно-календарного планирования используют

различные методы минимизации временных затрат на производственный цикл.

Одним из методов организации мелкосерийного производства, составления оперативно-календарного плана мелкосерийного производства с минимизированным производственным технологическим циклом используется метод ветвей и границ, представляющей из себя наиболее улучшенную версию метода перебора. Принцип работы состоит в упорядоченном переборе различных вариантов и анализе только тех из них, которые являются наиболее перспективными, остальные варианты отбрасываются. Но при использовании данных методов составления оперативно-календарного плана возникает проблемы обеспечения необходимого уровня быстродействия, так как в след за усложнением решаемой задачи резко возрастает длительность проведения необходимых вычислительных операций.

Метод имитационного моделирования оперативно-календарного планирования как правило используется на применении аппарата сетей Петри и/или других способов представления дискретных состояний системы. Сеть Петри представляется через ориентированный граф, формирующейся из вершины позиции и вершины перехода, связанные между собой дугами — путями графа, при этом невозможно соединение вершин одного и того же типа напрямую. Каждая позиция может хранить в себе маркеры сети, которые в процессе работы перемещаются по сформированной сети. Однако для формирования четкой модели сети требуется большой объем статических данных для моделирования, кроме того, точность результирующих данных не всегда хватает для оптимального решения требуемой задачи [6].

Оперативно-календарное планирование, сформированное с помощью математического программирования, применяет методы динамического и линейного программирования. Линейное программирование используется для определения наиболее эффективного времени обработки деталей на единицах производственных мощностей (например, реализация технологических операций на двух станках). В качестве основного параметра выступает время выполнения задания на конкретной технологической единице. В начале выбирается самое короткое время выполнения операции, и если оно относится к первой технологической единице, планируется выполнение операции на первой технологической единице, а если более короткое время выполнения технологической операции относится ко второй — то выполняется операция на второй единице. Данный процесс повторяется до тех пор, пока не будут рассмотрены и перебраны все необходимые операции на технологических единицах. Кроме того, существует ряд правил для различного рода случаев

трехстадийной обработки деталей. Однако применение данного алгоритма на реальном производстве является затруднительным, так как выполнение различного рода технологических операций осуществляется на большом количестве технологических единиц. При использовании динамического программирования обеспечивается исследование многоэтапных задач для формирования эффективных и оптимальных решений. Этапы выполнения задач представляют собой действительное выполнение процесса принятия решений во времени, или обеспечивается многоэтапность представляется как часть разделенного единого процесса для выполнения технологической операции. Введение многоэтапности позволяет произвести переход от решения одной сложной задачи к решению множества, полученных разделением, более простых задач, суммарные результаты которых формируют общий результат решения сложной задачи технологической операции.

Как и линейное так и динамическое программирование по аналогии с комбинаторными методами может предоставить наиболее точные результаты степени оптимальности распределения технологического процесса, но при этом резко увеличивают сложность и длительность выполнения необходимых вычислительных операций для достижения результата.

Эвристические методы оперативно-календарного планирования имеют в своем составе принцип организации плана технологического процесса, не используя при этом возможность перебора всех возможных вариантов (или частичного перебора). То есть применение данных методов подразумевают нахождение наиболее правильного решения вместо наиболее оптимального, но при этом обеспечивается высокое быстродействия нахождения решения.

Таким образом, рассмотрев существующие методы построения оперативно-календарных планов, можно прийти к выводу, что существует алгоритм, позволяющий решить задачу построения производственного плана с минимизированным производственным технологическим циклом.

Предположим, на производственном участке требуется организовать изготовление i радиоэлектронных изделий, где $i = 1, 2, \dots, N$. Для этого используются m технологических центров, где $m = 1, 2, \dots, l$.

На каждом технологическом центре выполняется маршрут изготовления изделия, состоящего из j технологических операций, $j = 1, 2, \dots, q$.

В общем случае если время начала j -той технологической операции i -того изделия T_{jstart} и время завершения

выполнения этой технологической операции T_{jend} , тогда время выполнения j -той технологической операции i -того изделия

$$T_j = T_{jend} - T_{jstart} \tag{1}$$

Если обозначить время начала следующей технологической операции $T_{(j+1)start}$, то необходимым условием производственного цикла является выполнение равенства неравенства:

$$T_{jend} \leq T_{(j+1)start} \tag{2}$$

Для изготовления одного i -того изделия в производственном процессе из q технологических операций затрачивается время T_i

$$T_i = \sum_{j=1}^q T_j \tag{3}$$

Для изготовления партии изделий, состоящей из N -изделий, на одном технологическом центре затрачивается время T_N

$$T_N = \sum_{i=1}^N T_i = \sum_{i=1}^N (\sum_{j=1}^q T_j) \tag{4}$$

При этом T_N должно быть меньше фонда времени технологического центра φ_m , т.е. требуется выполнение условия:

$$T_N \leq \varphi_m \tag{5}$$

В случае если затраты времени изготовления партии из N изделий на одном технологическом центре T_N превышающим фонд времени работы центра φ_m , то есть если $T_N > \varphi_m$, то требуется введение l технологических центров.

Таким образом, при изготовлении партии из N изделий на l технологических центрах, затрачивается время T_{NI}

$$T_{NI} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^N T_i \tag{6}$$

что позволяет достичь выполнения неравенства $T_{NI} \leq \varphi_m$.

Время, затраченное на выполнение технологических операций по изготовлению N изделий на l технологических центрах T_Σ

$$T_\Sigma = \sum_{m=1}^l T_{NI} \tag{7}$$

$$T_{\Sigma} = \sum_{m=1}^l T_{Nl} = \sum_{m=1}^l \frac{1}{l} \left(\sum_{i=1}^N T_i \right) = \sum_{m=1}^l \frac{1}{l} \left\{ \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^q T_j \right) \right\}. \quad (8)$$

Для обеспечения эффективного функционирования производственного процесса по изготовлению партии из N изделий, суммарное время T_{Σ} не должно превышать суммарный фонд времени работы l технологических станций на горизонте планирования, т.е. должно выполняться условие:

$$T_{\Sigma} \leq \sum_{m=1}^l \varphi_m. \quad (9)$$

Из модели (8) производственного цикла можно выделить критерий минимизации длительности цикла, который определяется как:

$$\sum_{m=1}^l \frac{1}{l} \left\{ \sum_{i=1}^N \left(\sum_{j=1}^q T_j \right) \right\}_{\min} \leq \sum_{m=1}^l \varphi_m, \quad (10)$$

$$T_{\Sigma \min} \leq \sum_{m=1}^l \varphi_m. \quad (11)$$

Таким образом задача оперативно-календарного планирования сводится к построению графа, который удовлетворяет условию (10, 11). В этом случае критерий минимизации длительности производственного цикла $T_{\Sigma \min}$ достигает своего экстремального значения.

Тогда задача составления эффективного оперативно-календарного плана состоит в применении наилучшего метода для нахождения кратчайшего пути в графе, который проходит через все события только один раз и имеет наименьшую продолжительность.

Если рассмотреть алгоритм мелкосерийного производства радиоэлектронных изделий на l специализированных по технологическим операциям центрах, то вычисление временных затрат принимает другой вид. В этом случае время, затраченное на изготовление одного i -того изделия на l специализированных по технологическим операциям центрах, определяется выражением:

$$T'_i = \sum_{j=1}^{a-1} T'_j + \sum_{j=a}^{b-1} T'_j + \dots + \sum_{j=p}^q T'_j. \quad (12)$$

Тогда суммарное время на выполнение партии из N изделий на l специализированных по технологическим операциям центрах вычисляется по выражению вида:

$$T_{\Sigma ml} = \sum_{m=1}^l \left(\sum_{j=1}^{a-1} T'_j \right) +$$

$$+ \sum_{\substack{i=2 \\ m=2}}^N \left(\sum_{j=a}^{b-1} T'_j \right) + \dots + \sum_{m=l}^N \left(\sum_{j=p}^q T'_j \right), \quad (13)$$

где m — номер специализированного по технологическим операциям центра; l — всего специализированных технологических центров.

Так как время изготовления i -того изделия на специализированном по технологическим операциям центре T'_i существенно меньше времени изготовления изделия на универсальных центрах T_i , то в соответствии с моделью (13) модель (8) имеет существенно большие временные затраты на один производственный цикл, т.е.

$$T_{\Sigma} > T_{\Sigma ml}. \quad (14)$$

Таким образом, можно принять, что модель (13) является минимизированной по затратам времени на один производственный цикл по сравнению с другими моделями.

Таким образом, представлены три модели временных затрат производственного цикла мелкосерийного производства: это модель (4) изготовления партии из N изделий на одном технологическом центре. Это модель (8), в этом случае партия из N изделий изготавливается на l технологических центрах. По представленной модели (13) партия из N изделий изготавливается на l специализированных по технологическим операциям центрах.

Для исследования вопросов по составлению оперативно-календарного плана мелкосерийного производства с наименьшим производственно-технологическим циклом рассматриваются различные методы формирования структуры организации производств, рассматриваются методы оценки временных затрат построением графов, которые учитывают наличие сложных технологических комплексов и изделий со значительным числом технологических операций при изготовлении.

При проведении сравнительных исследований различных мелкосерийных производств, созданных по различным методам, при исследовании оперативно-календарных планов мелкосерийных производств с сокращенными производственными циклами были рассмотрены методы построения производств по алгоритмам табуированного поиска, генетического алгоритма, алгоритма роевого интеллекта или алгоритма пчелиного роя.

Результаты полученных данных представлены в таблице 1 характеризуют основные параметры исследованных технологических процессов, характеризуют

Таблица 1. Сравнительные данные длительности производственного цикла от вида модели организации производства.

| Число техн. операций | Генетический алгоритм | | Алгоритм муравьиной колонии | | Алгоритм роевого интеллекта | |
|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|
| | Время техн. цикла, мин | Время расч. плана, с | Время техн. цикла, мин | Время расч. плана, с | Время техн. цикла, мин | Время расч. плана, с |
| 5 | 23 | 9 | 19 | 10 | 17 | 12 |
| 25 | 58 | 16 | 61 | 15 | 63 | 18 |
| 50 | 124 | 44 | 103 | 61 | 116 | 57 |
| 100 | 249 | 141 | 248 | 145 | 226 | 120 |

численные значения количества технологических операций, представляется суммарное время выполнения всего цикла технологических операций, необходимое время расчета плана для выполнения процесса, число имеющегося в наличии множества специализированных по технологическим операциям центров.

Из таблицы 1 видно, что оперативно-календарный план, составленный на основе алгоритма роевого интеллекта, выигрывает во времени, которое тратится на производство единицы продукции в течение всего технологического цикла. Данный алгоритм принадлежит к категории стохастических бионических алгоритмов, в основе которых лежит поведение колонии роя, например, пчел при сборе нектара. В основе алгоритма пчелиного роя, или алгоритма роевого интеллекта является обеспечение максимального сокращения пути доставления или пути перемещения. Применение такого метода при составлении оперативно-календарного плана мелкосерийного производства радиоэлектронных изделий со множественной комплектацией при-

водит к получению наименьшего производственного цикла.

Рассмотренные методы создания алгоритма автоматизированного оперативно-календарного планирования мелкосерийного радиоэлектронного производства, методы построения алгоритмов организации мелкосерийного производства с минимизированным производственным циклом показывают, что при решении проблемы максимального сокращения временных затрат при мелкосерийном производстве имеется множество решений в зависимости от наличия специализированного оборудования, вида технологических центров и вида изделий с множественным значением номенклатуры составных частей и компонентов. При этом из результатов в работе можно отметить, что одним из наиболее эффективных методов являются генетические методы построения алгоритмов организации мелкосерийного производства, в частности такие как алгоритм роевого интеллекта, алгоритм пчелиного роя и алгоритм муравьиной колонии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антонов, А. М. Основы современной организации производства / А. М. Антонов. — М.: ИНФРА-М., 2004. — 432 с.
2. Зориктуев В.Ц., Загидуллин Р.Р. Оперативно-календарное планирование в гибких производственных системах. Учебное пособие. Изд.УГАТУ, — Уфа, 2004. — 106 с.
3. Водолазский И.А., Егоров А. С., Краснов А. В. Роевой интеллект и его наиболее распространённые методы реализации // Молодой ученый. — 2017. — № 4. — С. 147–153. — URL <https://moluch.ru/archive/138/38900/Malarenko>
4. Коренюшкин, А. Генетические алгоритмы / А. Коренюшкин // Программист. № 2. — 2003. С. 74–80
5. Елисеев В.Г., Козырева Н. А. Алгоритм построения расписания загрузки производственных ресурсов// Новые промышленные технологии. 2009. № 1. С. 13–16
6. Безгинов, А. Н. Обзор существующих методов составления расписаний / А. Н. Безгинов, С. Ю. Трегубов // Информационные технологии и программирование выпуск 2(14), 2005г, с. 5–19.
7. Никитин, А. В. Управление предприятием с использованием информационных систем/ А. В. Никитин. — М.: ИНФРА-М, 2007. — 188 с.
8. Бухалков, М. И. Внутрифирменное планирование: Учебник. — М.: Инфра- М., 1999.-392с.
9. Кузин Б.И., Юрьев В. Н., Шахдинаров Г. М. Методы и модели управление фирмой. — Спб.: Изд-во Питер, 2001. — 432 с.
10. Файнгольд М.Л., Кузнецов Д. В. Методика расчета длительности производственного цикла и календарных планов выпуска продукции/ Под научной ред. М. Л. Файнгольда. — Владимир: Изд-во ВГПУ, 2003. — 111 с.

ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРАКТИВНОГО МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

USER INTERFACE DESIGNING WITH USING INTERACTIVE MACHINE LEARNING

V. Yurkin
S. Saradgishvili

Summary. This article discusses the issue of building an individual graphical user interface. The process of implementing an interface building system using interactive machine learning methods and end user experience is considered. The possibilities of user influence on the learning process are considered.

Keywords: Interface, interactive machine learning, gradient boosting, machine learning heuristics, user experience.

Юркин Владимир Андреевич

Аспирант, Санкт-Петербургский Политехнический
Университет Петра Великого
arhimondled@yandex.ru

Сараджишвили Сергей Эрикович

К.т.н., доцент, Санкт-Петербургский
Политехнический Университет Петра Великого
ssaradg@yandex.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается вопрос построения индивидуального графического интерфейса пользователя. Рассмотрен процесс реализации системы построения интерфейса, использующей методы интерактивного машинного обучения и конечный пользовательский опыт. Рассмотрены возможности влияния пользователя на процесс обучения.

Ключевые слова: интерфейс, интерактивное машинное обучение, градиентное повышение, эвристики машинного обучения, пользовательский опыт.

Построение пользовательского интерфейса является сложной задачей, часто при его проектировании используют субъективный опыт проектировщиков, статистические данные или результаты психологических исследований. Для построения максимально эффективного интерфейса необходимо учитывать особенности работы каждого пользователя и выполнять подгонку интерфейса под его стиль работы. Для решения этой проблем предлагается использовать методы интерактивного машинного обучения, т.к. они снижают трудность интерпретации и настройки параметров при обучении, позволяют пользователю реагировать на модель и вносить в неё изменения. Уникальный опыт конечного пользователя будет основой для построения индивидуального интерфейса.

Функционал приложения доступный пользователю следует разделить на отдельные функции, которые пользователь может использовать посредством взаимодействия с интерфейсом или последовательностью таких действий. Применение каждой такой функции необходимо для достижения конкретного результата, который может быть достигнут различными путями. В процессе использования приложения пользователь определяет такие пути по совокупности критериев. К таким критериям относятся:

- ◆ личный опыт;
- ◆ размер и расположение элементов управления;
- ◆ рекомендации, заложенные в ПО;
- ◆ описание функционала элемента интерфейса;
- ◆ интерактивные подсказки.

На первом этапе необходимо произвести сбор входных данных. В качестве таких данных будут выступать частота, последовательность, достигаемый результат и время между применениями рассматриваемых функций.

Исследованием в данной области занимается человеко-компьютерное взаимодействие, где в настоящее время основную роль играет машинное обучение [1]. Главной основой для развития данного направления является пользовательский опыт и дизайн, что в свою очередь требует новых подходов для изучения [2,3]. Основными исследованиями в данном направлении занимается интерактивное машинное обучение. Подход состоит в том, чтобы позволять пользователю взаимодействовать с моделью и влиять на неё, используя метод проб и ошибок. Взаимодействие пользователя и модели часто приводит к возникновению своего рода интерфейса между пользователем и моделью. Для определения получаемого результата необходимо ввести

критерии оценки предлагаемого интерфейса [4]. Основным методом для оценки UX является эвристическая оценка [5]. Данный метод выбирается из соображений возможности эмпирической проверки и теоретической обоснованности. Необходимо выбрать подходящие методы, т.к. многие методы не подходят для глубокого машинного обучения, из-за невозможности произведения манипуляций над используемой моделью. Необходимо применить эвристики, подходящие для интерактивного машинного обучения [6]. К таким относятся:

- ◆ возможность пользователю управлять моделью;
- ◆ обратная связь для пользователя;
- ◆ захват цели вместо ввода;
- ◆ оценка качества модели пользователем;
- ◆ разъяснения пользователю на примерах;
- ◆ явность ограничений и возможностей взаимодействия;
- ◆ использование метода проб и ошибок [7].

На основании собранных данных проводится обучение целью которого является сократить путь для достижения конкретного результата, сокращение количества шагов и затрачиваемого времени для выполнения идентичных задач. Для обучения используется алгоритм дерева градиентного повышения (ДГП). Одной из его возможностей является визуализация процесса обучения. Строится аддитивная модель $F(x)$ состоящую из M деревьев решений $h_m(x)$, с входной функцией x , формула (1).

$$F(x) = \sum_{m=1}^M y_m h_m(x). \quad (1)$$

Каждое дерево решений $h_m(x)$ является слабым учеником и может оперировать со смешанными типами данных. Строится модель с прямой поэтапной модой по формуле (2).

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + y_m h_m(x). \quad (2)$$

Для уменьшения потерь функции L на каждом шагу выбирается дерево решений $h_m(x)$, фиксируя предыдущий ансамбль деревьев, формула (3).

$$F_m(x) = \arg \min_h \sum_{i=1}^n L(u_i, F_{m-1}(x_i) - h(x_i)). \quad (3)$$

Для минимизации потерь используется алгоритм по формуле (4).

$$F_m(x) = F_{m-1}(x) + y_m \sum_{i=1}^n \nabla L(u_i, F_{m-1}(x_i)). \quad (4)$$

Для всех узлов от корня до листьев выбор происходит в жадной форме, алгоритм обучения выбирает лучший порог для каждого. Использование матрицы Гесссана и весов позволяет вычислять прирост информации, вызванный применением каждой функции и правила принятия решения для узла [8,9,10].

Данный способ позволяет пользователю выполнять широкий спектр операций над деревьями решений: удаление деревьев в модели, добавление деревьев в модели, разрешить подмножество функций, заблокировать подмножество функций.

Обучение производится при уже спроектированном пользовательском интерфейсе обычным методом. Обучение может производиться на любом приложении с графическим пользовательским интерфейсом, имеющем длинные цепочки выполнения действий, например, пакет офисных приложений. Поскольку интерфейс таких приложений зачастую позволяет выполнять ручную настройку элементов с некоторыми ограничениями, то возможность создания рекомендаций по изменению интерфейса сохраняется для уже спроектированных интерфейсов.

По результатам обучения строится последовательность действий для достижения необходимого результата. При её построении учитывается время поиска элемента интерфейса, его доступность (подмножество действий необходимых к выполнению для получения доступа к данному элементу), соответствие описания и ожидаемого результат (использование других элементов, требующих большего числа шагов для достижения результата). На основании полученных результатов вносятся корректировки в существующий интерфейс, после чего обучение продолжается. Для приложения создаётся пользовательский профиль, который соотносится к одной из ранее определённых групп пользователей по роду деятельности, что позволяет выбрать первоначальную схему интерфейса, такие решения часто применяются для инструментов разработки на различных языках программирования, что позволяет сократить время настройки ПО. Такие группы формируются исходя из статистики, собранной на множестве различных пользователей.

Данный подход был протестирован на двух наборах входных данных, состоящих из последовательностей выполнения действий в приложении и времени, затрачиваемом на них. Первый набор данных получен после первичного обучения без изменения интерфейса, второй после применения рекомендаций по изменению, каждый набор содержит более 12000 вызванных функций. После изменения в интерфейсе среднее количество шагов до достижения определённого результата сократилось на 15%, а общее затрачиваемое время на 13%. Измерения проводились для монотонной однотипной работы в ПО на протяжении месяца.

ЛИТЕРАТУРА

1. S. Stumpf, V. Rajaram, L. Li, W. K. Wong, M. Burnett, T. Dietterich, E. Sullivan, and J. Herlocker. Interacting meaningfully with machine learning systems: Three experiments. *International Journal of Human Computer Studies*, 2009.
2. S. Stumpf, V. Rajaram, L. Li, M. Burnett, T. Dietterich, E. Sullivan, R. Drummond, and J. Herlocker. Toward harnessing user feedback for machine learning. In *Proceedings of the 12th international conference on Intelligent user interfaces — IUI '07*, 2007.
3. J. Burrell. How the machine thinks': Understanding opacity in machine learning algorithms. *Big Data & Society*, 2016.
4. R. Jeffries and H. Desurvire. Usability testing vs. heuristic evaluation. *ACM SIGCHI Bulletin*, 24(4):39–41, oct 1992.
5. J. Nielsen and R. Molich. Heuristic evaluation of user interfaces. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems Empowering people — CHI '90*, pp. 249–256. ACM Press, New York, New York, USA, 1990.
6. S. Amershi, M. Cakmak, W. B. Knox, and T. Kulesza. Power to the People: The Role of Humans in Interactive Machine Learning. *AI Magazine*, 2014.
7. E. Corbett, N. Saul, and M. Pirrung. Interactive machine learning heuristics. In *Proceedings of the Machine Learning from User Interaction for Visualization and Analytics Workshop at IEEE VIS2018*, Oct 2018
8. Teng Lee, James Johnson, and Steve Cheng. 2016. An Interactive Machine Learning Framework. *arXiv preprint arXiv:1610.05463* (2016).
9. S. Amershi, J. Fogarty, A. Kapoor, and D. S. Tan. Effective end-user interaction with machine learning. In *Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI)*, 2011.
10. J.H. Friedman. Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *Annals of Statistics*, 29:1189–1232, 2000.

© Юркин Владимир Андреевич (arhimondled@yandex.ru), Сараджишвили Сергей Эрикович (ssaradg@yandex.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

КЛИНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОФИЛАКТИКИ ТРОМБОЭМБОЛИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ В ХИРУРГИИ

CLINICAL ASSESSMENT OF THE QUALITY OF PREVENTION OF THROMBOEMBOLIC COMPLICATIONS IN SURGERY

**V. Volkov
S. Boboeva
D. Valeullova**

Summary. The article presents the results of a study of anticoagulants for the prevention of thrombosis and pulmonary embolism in two analyzed groups: in 50 patients who died from acute necrotic pancreatitis in hospitals of the Chuvash Republic for the period of 2018 and 21 patients who underwent extended and combined gastrectomy for stomach cancer. The patients were between 30 and 90 years old. There were 41 men and 30 women. In contrast to the group of cancer patients, the authors noted the lack of quality prevention of PE in the group who died from acute pancreonecrosis, which led to the development of PE as the main cause of death of 3 (6%) patients. It is indicated that in medical institutions of surgical profile to date, not enough attention is paid to the prevention of PE. According to the authors, each medical institution of surgical profile should have developed an effective program for the prevention of thromboembolic complications.

Keywords: pulmonary embolism, risk factors, anticoagulants, prevention.

Волков Владимир Егорович

Д.м.н., профессор, ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», г. Чебоксары

Бобоева Шахло Гапуржоновна

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», г. Чебоксары
shahlo.boboeva.1996@mail.ru

Валеуллова Динэ Камилевна

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», г. Чебоксары
valeullova.dina@ya.ru

Аннотация. В статье представлены результаты применения антикоагулянтов для профилактики тромбозов и легочной эмболии в двух анализированных группах: у 50 пациентов, умерших от острого некротического панкреатита в лечебных учреждениях Чувашской Республики за период 2018 года и 21 пациентов, перенесших расширенные и комбинированные гастрэктомии по поводу рака желудка. Пациенты были в возрасте от 30 до 90 лет. Мужчин было — 41 человек, женщин — 30 человек. В отличие от группы онкологических больных авторами отмечено отсутствие качественной профилактики ТЭЛА в группе умерших от острого панкреонекроза, что привело к развитию ТЭЛА, как основной причины смерти 3(6%) пациентов. Указывается, что в лечебных учреждениях хирургического профиля до настоящего времени не уделяется достаточного внимания профилактике ТЭЛА. По мнению авторов, каждое лечебное учреждение хирургического профиля должно иметь разработанную действенную программу проведения профилактики тромбоэмболических осложнений.

Ключевые слова: тромбоэмболия легочной артерии, факторы риска, антикоагулянты, профилактика.

Введение

Тромбоэмболия легочной артерии (ТЭЛА) является наиболее опасным осложнением и относится к группе критических состояний с частым летальным исходом. Среди причин смертности у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями ТЭЛА занимает третье место. Диагноз данного осложнения устанавливается в среднем в 25% случаев. Частота тромбоэмболии легочной артерии составляет от 22 до 220 случаев на 100000 населения в год. Тромбоэмболические осложнения (в том числе ТЭЛА) в России отмечается в среднем 100000 случаев в год. В США ежегодно от ТЭЛА умирает

47000–50000 человек. От этого осложнения ежегодно погибает 0,1% населения земного шара. Вероятность рецидива ТЭЛА у нелеченых пациентов достигает 50%, половина из которых погибает.

Анализ современной литературы свидетельствует о том, что проблема ТЭЛА является актуальной не только в хирургической практике, но и в других специальностях (терапии, травматологии и др.). Большая часть исследований касается использования при ТЭЛА различных лечебных средств в комплексе реанимационных мероприятий. Что же касается проблемы профилактики ТЭЛА, то она представлена в литературе немногочисленными

и к тому же противоречивыми сведениями. Достаточно сказать, что до сих пор отсутствуют единые рекомендации по использованию различных антикоагулянтов с целью профилактики ТЭЛА не только в хирургии, но и при других медицинских специальностях. Все это свидетельствует о необходимости дальнейшей разработки проблемы профилактики ТЭЛА какой бы врачебной специальности она не касалась.

Цель

Дать клиническую оценку качества профилактики тромбоэмболических осложнений у больных с хирургической патологией.

Материалы и методы

За 2018 год проведен ретроспективный анализ частоты применения антикоагулянтов с целью профилактики ТЭЛА в двух группах больных.

I-группа — включает 50 пациентов, умерших от остро некротического панкреатита в различных лечебных учреждениях Чувашской Республики.

II-группа — объединяет 21 пациента, перенесших стандартные и комбинированные гастрэктомии по поводу рака желудка. У всех пациентов данной группы наступило выздоровление и они выписаны на амбулаторное лечение.

Больные были в возрасте от 30 до 90 лет. Мужчин было 41, женщин — 30. Профилактика ТЭЛА была проведена у 44 пациентов низкомолекулярными антикоагулянтами. Операции были проведены 54 пациентам. Из группы хирургических больных умерли от ТЭЛА три пациента, а остальные 47 человек — от панкреонекроза, осложненного перитонитом, полиорганной недостаточностью.

Результаты

По данным патолого-анатомических исследований группы умерших больных в 80% случаев истории болезней не содержат обоснование для проведения профилактики тромбоэмболических осложнений.

Анализ качества профилактики ТЭЛА показал, что в городах и районах Чувашской Республики из 50 умерших профилактика ТЭЛА проводилась только у 26 (52%) больных. Из 24 пациентов, у которых не проводилась профилактика ТЭЛА, умерло три пациента. У онкологических больных, перенесших гастрэктомию, профилактические мероприятия были проведены у всех пациентов (100%). Тромбоэмболических осложнений в этой

группе пациентов не наблюдалось. Наиболее часто с профилактической целью использовались следующие препараты: Гепарин, Клексан, Реополиглюкин, Эниксиум.

Наряду с другими авторами, при назначении антикоагулянтов мы придерживались и учитывали основные факторы риска ТЭЛА. Среди них практическую значимость имеют следующие:

1. Возраст старше 40 лет
2. Длительная неподвижность (иммобилизация), постельный режим более 4 суток (особенно в послеоперационный период)
3. 3 Варикозное расширение вен нижних конечностей
4. 4 Венозные тромбозы в анамнезе
5. Операции на органах брюшной полости и малого таза
6. Длительность оперативного вмешательства более 2-х часов
7. Повторные оперативные вмешательства на фоне тяжелых послеоперационных осложнений
8. Тромбофилии, повышенная свертываемость крови, эритроцитоз
9. Перелом костей таза или крупных трубчатых костей
10. Ожирение (масса тела более чем на 20% выше нормы)
11. Хронические обструктивные заболевания легких
12. Отеки нижних конечностей, трофические язвы, лимфостаз
13. Беременность и послеродовой период (до месяца)
14. Гормонотерапия (прием эстрогенов)
15. Злокачественные опухоли различных локализаций (рак, саркома)
16. Сердечная недостаточность
17. Инфаркт миокарда
18. Флеботромбоз
19. Сепсис
20. Шок
21. Нарушения ритма сердца по типу мерцательной аритмии (фибрилляции предсердий)
22. Рожистое воспаление
23. Локальные инфекции (острый холецистит, панкреонекроз и др.)

Клиника

Клинические проявления ТЭЛА зависят, прежде всего, от объема поражения сосудов. Практически нет ни одного симптома патогномоничного для ТЭЛА. Вместе с тем, отсутствие таких симптомов, как боль в грудной клетке, одышка и тахикардия ставят диагноз ТЭЛА под сомнение. Самыми частыми симптомами являются:

1. Боль в грудной клетке (55–80%).

2. Одышка (>20/мин) — 75–80%
3. Тахикардия (>100/мин) 38–58%

Профилактика ТЭЛА

Первичная профилактика включает в себя комплекс мер, направленных на предупреждение тромбообразования.

Антикоагулянтная терапия ТЭЛА

Условия проведения:

- ◆ Эффективность и безопасность
- ◆ Оптимальный уровень гипокоагуляции
- ◆ Минимальный риск кровотечений при использовании низкомолекулярного гепарина и пентасакхариды (фондапаринукс), одобренные для лечения лёгочной эмболии.

Эноксапарин 1,0 мг/кг или 1,5 мг/кг каждые 12 часов 1 раз/сут.

Тинзапарин 175 Ед/кг 1 раз/сут.

Далтепарин 100 МЕ/кг или 200 МЕ/кг каждые 12 часов 1 раз/сут.

Надропарин 86 МЕ/кг или 171 МЕ/кг каждые 12 часов 1 раз/сут.

Фондапаринукс 5 мг (масса тела <50 кг); 7,5 мг (масса тела 50–100 кг); 10 мг (масса тела >100 кг) 1 раз/сут.

Примечания: все режимы подразумевают подкожное введение.

1. введение эноксапарина 1 раз/сут. в дозе 1,5 мг/кг одобрено для внутрибольничного лечения лёгочной эмболии в США и некоторых европейских странах.
2. у пациентов раком далтепарин применяется в дозе 200 МЕ/кг массы тела (максимально 18000 МЕ) один раз в день в течение 1 месяца, затем 150 МЕ/кг 1 раз/сут. в течение 5 месяцев. После этого, следует продолжать терапию антагонистами витамина К или НМГ бессрочно или пока не будет излечен рак.
3. надропарин одобрен для лечения лёгочной эмболии (ЛЭ) в некоторых, но не во всех европейских странах.

Сокращения: МЕ — международные единицы, НМГ — низкомолекулярный гепарин.

Главная роль в профилактике принадлежит прямым антикоагулянтам — гепарину, назначаемому под-

кожно по 5000 ЕД каждые 8–12 часов. Лечение начинают за 2 часа до операции и продолжают 7–10 дней и более вплоть до выписки из стационара, а иногда и в амбулаторных условиях. Низкомолекулярные гепарины используют для профилактики ТЭЛА при любом, особенно высоком, риске развития флелотромбоза с подбором индивидуальной дозы. Для достижения максимального профилактического эффекта первую дозу НМГ следует вводить не ранее, чем за 2 часа до операции (в ортопедии иногда вводят за 12 часов) и продолжать введение не менее 7 дней. После больших нейрохирургических операций в связи с высоким риском геморрагических осложнений вместо гепарина используют низкомолекулярный декстран. Инфузию реополиглукина (из расчета 10 мл/кг) начинают на операционном столе в момент ввода больного в наркоз — за 5–10 минут до рассечения кожи. Продолжительность введения дозы (500 мл) препарата 1–2 часа (20–30 капель в минуту). Введение реополиглукина повторяют через 12 часов после операции, затем на 2,3,4 и 5 дни. Антиагреганты (дипиридамола, аспирин, трентал, клопидогрель и др.), как и препараты, воздействующие на мышечный слой стенки вены и повышающие тонус малых сосудов и фибринолитическую активность эндотелия (дегидроэрготамин), с целью профилактики тромботических осложнений у оперированных больных применяются только в составе комплексной терапии.

Введение антикоагулянтов снижает образование флотирующих тромбов, останавливает рост тромба, уменьшает угрозу отрыва и миграции сформированного тромба.

Вторичная профилактика включает в себя прием антикоагулянтов, продолжительность приема которых является обязательным в течение 3 месяцев для всех пациентов.

Методы хирургической профилактики

1. Тромбэктомия
2. Имплантация кава-фильтра пациентам, имеющим абсолютные противопоказания к тромболитической терапии, а также при отсутствии эффекта адекватно проводимой антикоагулянтной терапии у больных с часто рецидивирующей ТЭЛА показана установка кава-фильтров (IIa, C). Кава-фильтры обычно устанавливаются в просвете нижней полой вены непосредственно под устьем почечных вен, а при наличии тромба в почечных венах — над устьем. Следует отметить, что не рекомендуется рутинная установка кава-фильтров у больных с ТЭЛА (III, A).
3. Кава-пликация
4. Перевязка вен

ВЫВОДЫ

1. На современном этапе развития хирургии и онкологии тромбоэмболия легочной артерии продолжает оставаться одним из наибольших опасных осложнений с высокой летальностью, не имеющей тенденции к ее снижению.
2. При этом тяжелом и опасном осложнении особую роль приобретает своевременная профилактика. С учетом этой цели каждое лечебное учреждение хирургического профиля должно располагать действенной программой проведения широких профилактических мероприятий, направленных на предупреждение этого грозного осложнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баешко, А. А. Профилактика тромбоэмболии легочной артерии / А. А. Баешко, А. А. Радюкевич // Хирургия. - 2004. - № 12. — С. 67–73.
2. Марино П. Л. Интенсивная терапия / П. Л. Марино «Пер. с англ. // М. Геотар — Медиа, 2012 — С. 73–88.
3. Савельев, В. С. Роль хирурга в профилактике и лечении венозного тромбоза и легочной эмболии / 50 лекций по хирургии / Под ред. В. С. Савельева. — // М., 2003. - С. 92–99.
4. Тромбоэмболия легочной артерии // В кн.: Критические состояния в хирургии. Волков В. Е., Волков С. В. // Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2015. — С. 57–69.
5. Buller, H. R. Antithrombotic therapy for venous thromboembolic disease / H. R. Buller, G. Agnelli, R. D. Hull [et al.] // Chest. — 2004. — Vol. 126 (3 Suppl). — P. 401–428S.

© Волков Владимир Егорович, Бобоева Шахло Гапуржонова (shahlo.boboeva.1996@mail.ru),

Валеуллова Динэ Камилевна (valeullova.dina@ya.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова

РАДИОХИРУРГИЧЕСКИЙ МЕТОД ЛЕЧЕНИЯ ДОБРОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ ЧЛО

RADIOSURGICAL METHOD OF TREATMENT OF BENEFITAL TUMORS

**N. Gamanova
V. Mavrina**

Summary. Neoplasms with localization in the head region account for about 20% of tumors of all localizations. In recent years, one of the methods of treating benign tumors of the head and neck is the radiosurgical method. Radio wave surgery using the Surgitron apparatus allows for an atraumatic incision, leading to primary wound healing. The area of coagulation necrosis with the use of radio wave surgical technique is reduced by more than 4 times compared with a laser scalpel and more than 10 times when using a surgical diathermocoagulator.

Keywords: maxillofacial surgery, radio wave surgery, radiosurgical method, Surgitron, treatment of benign tumors.

Гаманова Наталья Валерьевна
Оренбургский государственный медицинский
университет
natali_150597@mail.ru
Маврина Валерия Владимировна
Оренбургский государственный медицинский
университет
mialerusal@mail.ru

Аннотация. Новообразования с локализацией в области головы составляют около 20% от опухолей всех локализаций. В последние годы одним из способов лечения доброкачественных опухолей головы и шеи является радиохирургический метод. Радиоволновая хирургия с использованием аппарата «Сургитрон» позволяет получить атравматичный разрез, ведет к первичному заживлению раны. Зона коагуляционного некроза при применении радиоволновой хирургической техники снижается более чем в 4 раза по сравнению с лазерным скальпелем и более чем в 10 раз при использовании хирургического диатермокоагулятора.

Ключевые слова: челюстно-лицевая хирургия, радиоволновая хирургия, радиохирургический метод, «Сургитрон», лечение доброкачественных опухолей.

Актуальность

Новообразования с локализацией в области головы составляют около 20% от опухолей всех локализаций. В последние годы одним из способов лечения доброкачественных опухолей головы и шеи является радиохирургический метод. Радиоволновая хирургия с использованием аппарата «Сургитрон» позволяет получить атравматичный разрез, ведет к первичному заживлению раны. Зона коагуляционного некроза при применении радиоволновой хирургической техники снижается более чем в 4 раза по сравнению с лазерным скальпелем и более чем в 10 раз при использовании хирургического диатермокоагулятора.

Цель исследования.

1. Проанализировать методику проведения и эффективность радиохирургического лечения доброкачественных опухолей ЧЛО.
2. Выявить наиболее благоприятную частоту радиоволн для выполнения оперативных вмешательств на лице и в полости рта на основе сравнительного клинико-морфологического анализа полученных результатов.

3. Определить оптимальные режимы использования радиоволнового излучателя при удалении различных новообразований челюстно-лицевой области и органов полости рта. Разработать тактику послеоперационного ведения больных.
4. Оценить эффективность разработанной методики в клинике при удалении новообразований лица и операциях на слизистой оболочке полости рта.

Материалы и методы

Нами представлены результаты радиохирургического лечения больных в отделении челюстно-лицевой хирургии городской клинической больницы № 1 г. Оренбурга за период с 2015 по 2018 гг.

Принцип работы прибора:

В основе действия прибора лежит эффект преобразования электрического тока в радиоволны определенных диапазонов (АМ-FM) с выходной частотой 3,8 МГц. Рассекающий эффект достигается за счет тепла, выделяемого при сопротивлении тканей проникновению в них высокочастотных радиоволн. Волны эмитируются с кончика

электрода, выполненного в виде тончайшей вольфрамовой проволоки. Благодаря этому теплу клетки, лежащие на пути волн, подвергаются испарению. При этом отсутствует непосредственный контакт электрода с клетками, и разрушение ткани происходит в клеточном слое, воспринимающем волну. Рассекаемая ткань расходуется в стороны и не нагревается.

Результаты исследования

Прооперированно 172 больных (и мужчин и женщин).

- ◆ до 30 лет-37 пациентов
- ◆ до 40 лет-29 пациентов
- ◆ до 50 лет-23 пациентов
- ◆ до 60 лет-33 пациентов
- ◆ старше 60 лет-50 пациентов

Методика операции:

1. Обработка кожи пациента антисептиком
2. Инфильтрационная анестезия 2% раствором лидокаина.
3. Время для полного обезболивания кожи составляет от 3 до 5 минут.
4. Круглым петлевым волноводом аппарата «Сургитрон» производится удаление новообразования.

После иссечения новообразований раневая поверхность обрабатывалась раствором перманганата калия или бриллиантовой зелени и заживала под струпом. Все опухоли отправлялись на патогистологическое исследование.

В раннем послеоперационном периоде (1 сутки) в области послеоперационной раны наблюдалась умеренно выраженная отечность, незначительная гиперемия или ее отсутствие, что связано с особенностями действия радиоволны на биологические ткани. У больных, положительная динамика образования грануляционной ткани отмечалась только на 3-й сутки (незначительные изменения), но более выражена к 5-му дню.

Проведенный нами анализ показал, что чаще всего больные оперировались по поводу различного вида невусов, что составляет 92(53%); папиллом — 51(29,6%), липом — 25(15,5%). В единичных наблюдениях диагностировались фибромы — 2(1,2%), и полипы — 1(0,6%) слизистой оболочки полости рта, в одном наблюдении выявлена базалиома кожи — 1(0,6%).

При удалении поверхностных доброкачественных новообразований кожи мы получили очень высокий эстетический результат. Так, при радиоволновой диссекции пигментного пятна в щечной области диаметром 10 мм через 14 суток рубец практически не определялся.

Оценивая непосредственные и отдаленные результаты, мы пришли к выводу, что радиоволновой метод достаточно прост и высокоэффективен в применении, позволяет свести к минимуму операционную травму и получить высокий косметический результат, ускорить сроки реабилитации пациентов. Радиоволновая хирургическая техника исключает давление активного электрода на ткани, что еще в большей степени снижает болевые ощущения у пациентов.

Использование радиохирургического прибора «Сургитрон» представляет следующие преимущества:

- ◆ атравматичный разрез;
- ◆ минимальное кровотечение в ходе операции;
- ◆ отсутствие глубокого некроза и некротического поражения подлежащих тканей (по сравнению с электрокоагуляцией);
- ◆ возможность контроля слоев удаляемых тканей;
- ◆ минимальный отек тканей;
- ◆ отсутствие боли во время операции и в послеоперационном периоде;
- ◆ хороший косметический эффект;
- ◆ точность патоморфологических исследований.

Все хирургические вмешательства с использованием аппарата «Сургитрон» можно проводить в условиях дневного стационара или амбулаторно.

Показания к лечению радиохирургическим методом:

- ◆ папиллома;
- ◆ интрадермальный пигментный невус;
- ◆ себорейные кератомы;
- ◆ атерома;
- ◆ бородавчатые папилломы

Противопоказания:

- ◆ Хронические кожные заболевания;
- ◆ Пациенты со склонностью к малигнизации новообразований (например, склонность к образованию опухолей);
- ◆ Пациенты с кардиостимуляторами. (Из-за выделения частот, способных помешать работе датчиков сердечного ритма);
- ◆ Пациенты с кожными вирусными заболеваниями (например, герпес).

Заключение

Радиоволновой метод лечения доброкачественных опухолей кожи и слизистой оболочки полости рта должен быть методом выбора при лечении пациентов с доброкачественными опухолями, пигментными новообразованиями в области головы и шеи. Он позволяет четко контролировать слои удаляемых тканей, минимизирует послеоперационные осложнения, сопровождается ми-

нимальным послеоперационным отеком тканей, болями, уменьшает риск кровопотери.

Проведенные операции позволяют говорить о снижении времени операционного вмешательства, высоком проценте первичного заживления раны и хорошей

переносимости процедуры пациентами. Таким образом, использование радиоволновой хирургической техники позволяет уверенно выполнять разрезы любой конфигурации и заданной глубины без приложения дополнительных усилий со стороны хирурга, даже в определенном слое мягких тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Залуцкий И. В. Отзыв о применении радиохирургического прибора «Сургитрон». // Сб. статей и отзывов по радиохирургии. — Москва, 1997 — С. 9–14.
2. Информационное письмо Минздрава РФ «О применении радиохирургического прибора «Surgitron» от 23 сентября 1996 г
3. Bridenstine J. B. Use of ultra-high frequency electrosurgery radiosurgery for cosmetic surgical procedures. // *Dermatol. Surg.* — 1998. — Vol.24, — P. 397–400.
4. Brown J. S. Radio Surgery for Minor Operations in general practice. // *J. Cosmetic Dermatology.* — 2000. — №6. — P. 33–37.
5. Friedman J. The technical aspects of electrosurgery. // *Oral Surg.* — 1973. — Vol.36. — P. 177.
6. Забелин, А. С. Применение радиохирургического прибора «Surgitron DS» в амбулаторной хирургической стоматологии». *Ж. амбулаторная хирургия / А. С. Забелин, В. В. Полякова, В. С. Максимова, Г. Г. Петроченкова //*
7. Новичков, Г. И. Использование аппарата «Surgitron DS» на базе стоматологической поликлиники / Г. И. Новичков // *Мат — лы международного конгресса «Радиоволновая хирургия на современном этапе». М., 2004. -С. 260–262.*
8. Гунько, В. И. Опыт применения радиоволнового прибора «Сургитрон ДЕНТО-СУРГ» при лечении больных с заболеваниями челюстно-лицевой области / В. И. Гунько, В. Д. Труфанов // *Медицинский алфавит. 2006. — Выпуск IV. — С. 49–52.*

© Гаманова Наталья Валерьевна (natali_150597@mail.ru), Маврина Валерия Владимировна (mialerusal@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



ДИАГНОСТИКА ПАТОЛОГИИ ЭНДОМЕТРИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ПРОЦЕДУРЕ ЭКО

DIAGNOSIS OF ENDOMETRIAL PATHOLOGY IN PREPARATION FOR IVF PROCEDURE

T. Kamaeva

Summary. Infertility is one of the most urgent problems of modern medicine. Currently, assisted reproductive technologies are among the most effective treatments for many of the factors of reproductive disorders. Pathology of the endometrium is one of the common causes of failed IVF attempts. This paper outlines additional methods under study with ultrasound examination of the pelvis. Timely diagnosis and treatment of endometrial pathology with subsequent ultrasound control allows you to increase the effectiveness of IVF treatment by 25%.

Keywords: ultrasound diagnostics, in-vitro fertilization.

Камаева Татьяна Александровна

К.м.н., ФГБОУ ВО «Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова», г. Абакан
tatyankamaev@yandex.ru

Аннотация. Бесплодие — актуальная проблема современной медицины. Патология эндометрия является одной из частых причин невынашивания, бесплодия и неудачных попыток ЭКО. В настоящей статье предложены методы исследования эндометрия, которые помогут своевременно и в полном объеме диагностировать патологию эндометрия. Своевременная диагностика и проведение лечения патологии эндометрия с последующим ультразвуковым контролем позволяет увеличить результативность процедуры ЭКО на 25%.

Ключевые слова: бесплодие, ультразвуковая диагностика, экстракорпоральное оплодотворение.

Введение

Вспомогательные репродуктивные технологии в условиях современности имеют большую востребованность, так как показатели репродуктивного здоровья населения ухудшаются. Экстракорпоральное оплодотворение (ЭКО) является единственной надеждой на долгожданное деторождение. Качественная подготовка женщины к вынашиванию беременности позволяет улучшить результативность проведения процедуры ЭКО.

В соответствии с Порядком оказания медицинской помощи при подготовке к процедуре ЭКО в обязательном порядке проводится ультразвуковое исследование органов малого таза. При проведении данного исследования измеряется толщина эндометрия. Толщина эндометрия является одним из определяющих моментов готовности матки к имплантации плодного яйца. Снижение толщины эндометрия является маркером торможения пролиферации эндометрия и неблагоприятным прогностическим признаком результативности вспомогательных репродуктивных технологий. Эндометрий при ультразвуковом исследовании необходимо оценивать комплексно: толщину, контуры, структуру, васкуляризацию и пр. Измерение только одного параметра не является полноценным ультразвуковым критерием качества внутреннего слоя матки. По причине значительного воздействия на организм женщины гормональных препаратов, применяемых при экстракорпоральном оплодотворении, целью данного исследования является

полноценная диагностика патологии эндометрия ультразвуковым методом исследования в целях проведения своевременной коррекции и повышению эффективности процедур вспомогательных репродуктивных технологий.

Цель исследования

Провести анализ клинических исходов программ ЭКО у пациенток с разной степенью готовности эндометрия к имплантации в стимулированных циклах по данным ультразвукового исследования (УЗИ).

Материалы и методы исследования

В качестве основной группы представлено 200 пациенток с бесплодием, обследованных перед программой ЭКО, при диагностике у которых выявлена патология эндометрия (гипоплазия эндометрия, внутриматочные синехии, ультразвуковые признаки хронического эндометрита). Возраст пациенток основной группе варьировал от 24 до 46 лет (35 ± 4), в анамнезе всех женщин (100%) имелись отягощающие факторы. Основными показателями к проведению ЭКО было трубно-перитонеальное бесплодие — в 124 (62%) случаях, мужской фактор бесплодия отмечен у 40 семейных пар (20%), эндокринное бесплодие — 20 (10%), смешанного генеза — 16 (8%).

Контрольную группу данного исследования составили 100 пациенток на этапе подготовке к ЭКО, у которых не было выявлено патологических изменений миоме-

трия и эндометрия. Возраст беременных в группе сравнения составил от 18 до 41 лет ($27 \pm 4,2$), отягощающие факторы имелись лишь у 96 (60%) пациенток. Показанием для проведения ЭКО в 75% явился мужской фактор и в 25% трубный фактор. Всем женщинам проведено гистологическое исследование эндометрия после проведения Пайпель биопсии или гистероскопии и по данным гистологического исследования эндометрий соответствовал фазе менструального цикла и не имел патологических изменений.

В рамках программы ЭКО всем женщинам основной и контрольной группы проведена стимуляция овуляции по короткому протоколу. В целях исключения многоплодной беременности проводился перенос 1 эмбриона.

Ультразвуковое исследование органов малого таза проводилось на стационарном ультразвуковом аппарате экспертного класса Samsung Medison Accuvix A30 конвексным и трехмерным ретовагинальным датчиком 5–9 МГц.

При подготовке к процедуре ЭКО женщинам основной и контрольной группы проводилось УЗИ органов малого таза в сочетании с применением ЦДК, энергетического и импульсного доплера а также 3Д реконструкцией сосудов на 5–7 и 20–22 день менструального цикла. При проведении УЗИ измерялась толщина эндометрия, его структура, оценивались контуры и граница с миометрием. При цветном доплерометрическом картировании измерялась степень васкуляризации миометрия и эндометрия. Оценивался кровоток в маточных артериях, в миометрии и эндометрии, а также проводилась 3Д реконструкции сосудов матки. Всем пациенткам проводилась ультразвуковая гистерография с применением контраста для диагностики объемных образований в полости матки и признаков внутреннего эндометриоза. При выявлении патологических изменений эндометрия проводился курс терапевтических процедур и манипуляций с целью улучшения кровоснабжения матки и подготовки к экстракорпоральному оплодотворению (гистероскопия, кавитационное орошение полости матки, гирудотерапия и пр.). Если после углубленного ультразвукового обследования патологии не было выявлено, то проводилась процедура ЭКО.

Результаты и обсуждения

Процесс изменений эндометрия в цикле ЭКО был оценен в контрольной группе женщин, не имеющих патологию миометрия и эндометрия. В 1 и 2 день менструального цикла (десквамация эндометрия) М-эхо визуализировалось в виде неоднородной структуры

высокой эхогенности толщиной 6–11 мм. В стадию регенерации на 3–4-й день менструального цикла М-эхо имело толщину 1–4 мм. Эндометрий визуализировалось в виде тонкой гиперэхогенной полоски, неоднородной структуры или полностью анэхогенным образованием, представляющим собой расширенную полость, заполненную кровью. На 5–7-й день менструального цикла (ранняя стадия пролиферации) при отсутствии кровяных выделений из половых путей отмечается некоторое утолщение М-эха до 3–6 мм. Эндометрий в эти дни характеризовался низкой эхогенностью и имел однородную структуру, в центре эндометрия наблюдалась тонкая (толщиной до 1 мм) гиперэхогенная полоска. В этот же период по периферии эндометрия появлялась анэхогенная зона толщиной около 1 мм, которая сохранялась на протяжении всего менструального цикла. На 8–10-й день цикла (средняя стадия пролиферации) эндометрий не имел значимых изменений, его толщина постепенно увеличивалась до 6–10 мм. На 11–14-й день (поздняя стадия пролиферации) эхогенность эндометрия несколько повышалась и толщина его в этот период составила 8–15 мм [2, с. 135]. В раннюю стадию фазы секреции на 15–18-й день цикла толщина эндометрия может варьироваться от 8 до 11 мм и отмечалось некоторое повышение его эхогенности. В среднюю фазу секреции на 19–23-й день цикла отмечалось повышение эхогенности эндометрия, и его толщина в этот период достигала максимальных размеров до 9–15 мм. В позднюю фазу секреции на 24–28-й день цикла эхогенность эндометрия не изменяется.

Толщина и эхо-структура эндометрия являются основными показателями, которые объективно свидетельствуют о состоянии эндометрия [6, 9], однако ряд авторов [2,4] не нашли гистологического подтверждения изменениям толщины эндометрия, выявленным с помощью абдоминального ультразвукового исследования. Полная оценка состояния эндометрия с помощью ультразвуковых методик позволяет оценить внутренний слой матки и судить о его истинном состоянии (степень зрелости и готовность к имплантации эмбриона). Данный метод является одним из основных диагностических методик для определения качества эндометрия в «окно имплантации». Определение границ «окна имплантации» имеет огромное практическое значение в программах экстракорпорального оплодотворения в целях оптимального времени переноса эмбриона и наступления беременности. Минимальная толщина эндометрия в циклах ЭКО, по данным разных авторов [6, 8], колеблется от 5 до 8 мм, однако данные об прогнозировании имплантации эмбриона и возможности наступления беременности в циклах ЭКО противоречивы. Ряд авторов [10] не находят различий в толщине эндометрия у женщин при развивающейся у них беременности и у женщин, у которых она не наступила, тогда как другие исследователи выя-

Таблица 1. Характеристики кровотока в эндометрии при ультразвуковом исследовании матки в контрольной группе в 1 и 2 фазах цикла

| показатель | Максимальная скорость кровотока | | | | Индекс резистентности | | | |
|------------|---------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | Маточная артерия | Аркуатная артерия | Радиальная артерия | Спиральная артерия | Маточная артерия | Аркуатная артерия | Радиальная артерия | Спиральная артерия |
| 5–7 д.ц. | 42±0,4 | 30±0,6 | 11±0,2 | 7,8±0,2 | 0,58±0,6 | 0,81±0,3 | 0,8±0,3 | 0,8±0,2 |
| 20–22 д.ц. | 52±0,5 | 40±0,4 | 16,8±0,6 | 9,1±0,6 | 0,5±0,5 | 0,6±0,4 | 0,69±0,3 | 0,7±0,2 |

Таблица 2. Патологические изменения в эндометрии, выявленные при УЗИ исследовании у женщин основной группы

| Показатели | Кол-во выявленных нарушений при 2Д | Кол-во выявленных нарушений при ЦДК + ИД +3Д | Кол-во выявленных изменений полости матки при УЗИ с контрастом | Кол-во женщин, прошедших гистероскопию | Кол-во женщин, прошедших консервативную подготовку эндометрия к ЭКО | Кол-во женщин, имевших положительный результат ЭКО после получения терапии |
|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Гиперэхогенные включения | 30 | 30 | 16 | 30 | 30 | 10–33,3% |
| Синехии | 10 | 10 | 42 | 42 | 42 | 10–23,8% |
| Очаговые изменения эндометрия | 36 | 38 | 44 | 44 | 44 | 20–45,5% |
| Признаки эндометриоза | 4 | 6 | 32 | 32 | 32 | 6–18,% |
| Уменьшенная толщина эндометрия | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 4–25% |

Таблица 3. Изменения кровотока в эндометрии в основной группе

| показатель | Маточная артерия | Аркуатная артерия | Радиальная артерия | Спиральная артерия |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Количество женщин, имеющие отклонения в кровотоке | 48 | 76 | 34 | 114 |
| Количество женщин, имеющие отклонения в кровотоке после проведения терапии | 26 | 36 | 14 | 36 |
| Положительный результат ЭКО | 20–41% | 42–55,2% | 16–47% | 66–57,8% |

вили статистически значимые различия этого показателя у женщин этих групп [3,7].

Данное исследование посвящено исследованию толщины, структуры и васкуляризации эндометрия, а также влияние состояния эндометрия на исходы ЭКО.

Результаты, полученные в контрольной группе, приняты за нормативные для региона исследования. Показатели исследования контрольной группы приведены в таблице 1.

При проведении обследования женщин основной группы на этапе подготовке к процедуре ЭКО выявлены структурные изменения эндометрия у 96 женщин —

48%, патологическое состояние кровотока в миометрии и эндометрии у 162 женщины — 81%.

Данные показатели свидетельствуют о расширенных диагностических возможностях ультразвукового метода исследования при использовании трехмерной реконструкции и УЗИ с контрастированием при диагностики эндометриоза и очаговых изменений в эндометрии. После проведения процедуры ЭКО беременность возникла у 92 женщин — 38%.

По результатам исследования отмечено, что большую прогностическую ценность имеет диагностика нарушений кровоснабжения миометрия и эндометрия. Проведение лечения в соответствии с выявленными

изменениями с последующим контролем значительно увеличивает процент результативности программы ЭКО.

В литературе нет однозначных данных о прогностической ценности ультразвуковой диагностики перед проведением процедуры ЭКО. Ряд авторов [2,8] выявили достоверные различия в структуре эндометрия у женщин при наступившей беременности и при неэффективных попытках ЭКО, однако другие исследователи нашли, что эти различия статистически недостоверны [1,5].

По результатам наших исследований и данным литературы можно заключить, что полноценное исследование эндометрия имеет высокую прогностическую значимость для оценки вероятности наступления беременности в протоколах экстракорпорального оплодотворения.

Заключение

1. В результате проведенного исследования доказана необходимость исследования эндометрия

перед процедурой ЭКО в 1 и 2 фазах цикла ультразвуковым методом с применением доплерометрии, трехмерной реконструкции сосудистого русла и контрастированием полости матки.

2. Наступление беременности после ЭКО достоверно выше в группе женщин, у которых проведено лечение при выявленных изменениях показателей васкуляризации эндометрия с контрольным УЗИ исследованием.
3. Использование трехмерного сканирования в сочетании с доплерометрией, расширяют возможности ультразвуковой диагностики. Наиболее клинически значимыми при ультразвуковой исследовании эндометрия являются показатели толщины и васкуляризации эндометрия.
4. Считаю целесообразным проведение более углубленного ультразвукового исследования с применением доплерометрии, 3х мерной реконструкции матки и УЗИ с контрастированием на этапе подготовки протокола ЭКО в целях своевременной коррекции и улучшения перинатальных исходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование эндометрия у пациенток с трубно-перитонеальным бесплодием на этапе подготовки к ЭКО / В. С. Корсак [и др.] // Проблемы репродукции [Электронный ресурс]. — 2005. — № 2.
2. Камаева Т.А., Колпинский Г. И. Роль ультразвукового исследования органов малого таза при патологии эндометрия при подготовке к ЭКО// Международный научно — исследовательский журнал «Успехи современной науки» № 12, Т. 5 2016 г. С 134–139
3. Медведев М.В., Юдина Е. В. Задержка внутриутробного развития плода. — М.: РАВУЗДПГ, 1998.
4. Подзолкова, Н. М. Особенности ВРТ у пациенток с ожирением (обзор литературы) // Проблемы репродукции [Электронный ресурс]. — 2008. — № 4.
5. Duhan N. Current and emerging treatments for uterine myoma — an update // Int J Womens Health. 2011. V. 8 (3): P. 231–241.
6. Gautreaux M.D., Deitch E. A., Berg R. D. Bacterial translocation from the gastrointestinal tract to various segments of the mesenteric lymph node complex // Infect. Immun. 1994. 62 (5). P. 2132–2134.
7. Holub Z., Jabor A., Kliment L., Sprongl L. Inflammatory responses after laparoscopic uterine myomectomy compared to open surgery in current clinical practice // Saudi Med J. 2006. V. 27 (11): P. 1693–1697.
8. Kupesic S., Kurjak A., Vujisic S. et al. Luteal phase defect: comparison between Doppler velocimetry, histological and hormonal markers. Ultrasound Obstet Gynecol 1997; 9: 2: 105–112.
9. Strohmer H., Obruca A., Radnevk M. et al. Relationship of the individual uterine size and the endometrial thickness in stimulated cycles. Fertil Steril 1994; 61: 972–975.
10. Tekay A., Jouppila P. Intraobserver variation in transvaginal Doppler blood flow measurements in benign ovarian tumors. Ultrasound Obstet Gynecol 1997; 9: 2: 120–124.

© Камаева Татьяна Александровна (tatyankamaev@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА СЛЮНЫ И ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОВОЙ ПОЛОСТИ ПАЦИЕНТОВ С КАРИЕСОМ И ПРИРОДНОЙ САНАЦИЕЙ

Кочергин Вадим Николаевич

Директор, Стоматологическая клиника «Malbret»,

г. Москва

kocherginvadim7@gmail.com

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF SALIVARY AND MAIN CHARACTERISTICS OF THE ORAL CAVITY OF PATIENTS WITH CARIES AND NATURAL SANITATION

V. Kochergin

Summary. The article shows that saliva is a factor in the natural rehabilitation of the oral cavity and a means of maintaining oral homeostasis. The oral cavity is considered as a complex ecological system, which directly depends on the composition of saliva, the condition of the mucous membranes, microbiocenosis and indicators of the nonspecific resistance system, as well as on the hormonal background. It is shown that violations of the main immunological and microbiological parameters lead to the development of diseases of the oral cavity, including caries. At the same time, the normal state of immunological and microbiological parameters determines the natural sanitation of the oral cavity and is considered as a factor preventing the development of caries. The condition of the mucous membrane, which is a powerful barrier preventing the penetration of foreign antigens into the internal environment of an organism, largely depends on saliva. One of the important features of the oral mucosa is its ability to self-clean due to the protective factors of saliva and the barrier properties of the mucous membrane. A significantly higher degree of contamination by the microorganisms of the oral cavity of patients with caries was revealed. This corresponds to a higher incidence of purulent-inflammatory diseases in patients with caries. At the same time, in patients with natural sanitation of the oral cavity, representatives of conditionally pathogenic microflora predominate, the number of which does not exceed 10³ CFU / ml.

Keywords: saliva, oral cavity, physicochemical parameters, immunological parameters, microbiological characteristics, saliva composition, microbiocenosis, caries, natural rehabilitation.

Аннотация. В статье показано, что слюна является фактором природной санации ротовой полости и средством поддержания гомеостаза ротовой полости. Ротовая полость рассматривается как комплексная экологическая система, которая напрямую зависит от состава слюны, состояния слизистых оболочек, микробиоценоза и показателей системы неспецифической резистентности, а также от гормонального фона. Показано, что нарушения основных иммунологических и микробиологических параметров приводят к развитию заболеваний ротовой полости, в том числе, кариеса. Вместе с тем нормальное состояние иммунологических и микробиологических параметров определяет природную санацию ротовой полости и рассматривается как фактор, предупреждающий развитие кариеса. От слюны во многом зависит состояние слизистой оболочки, которая является мощным барьером, предупреждающим проникновение чужеродных антигенов во внутреннюю среду организма. Одной из важных особенностей слизистой полости рта является способность ее к самоочищению за счет защитных факторов слюны и барьерных свойств слизистой оболочки. Была выявлена значительно более высокая степень обсемененности микроорганизмами ротовой полости пациентов с кариесом. Это соответствует большей частоте встречаемости гнойно-воспалительных заболеваний у пациентов с кариесом. Вместе с тем, у пациентов с природной санацией ротовой полости преобладают представители условно-патогенной микрофлоры, количество которых не превышает показатели в 10³ КОЕ/мл.

Ключевые слова: слюна, ротовая полость, физико-химические параметры, иммунологические показатели, микробиологические характеристики, состав слюны, микробиоценоз, кариес, природная санация.

В настоящее время актуальным вопросом стоматологии является исследование основных физико-химических, иммунологических, микробиологических параметров ротовой полости. При этом основной акцент делается на исследовании характеристик

слюны и ее бактериологических показателей у здоровых пациентов с природной санацией и у пациентов с кариесом. Это важно, поскольку анализ клинических случаев уже давно указывает на то, что есть пациенты, подверженные кариесу, вне зависимости от проведенного ле-

чения и искусственной санации ротовой полости [5]. В то же время выделяется группа пациентов, у которых риск развития кариеса сведен к минимуму. У таких пациентов наблюдается природная санация ротовой полости [4]. При этом механизм развития такой санации является предметом многочисленных исследований и требует дальнейшего исследования [3; 5; 11; 25].

Цель исследования

Провести сравнительный анализ состава слюны и основных иммунологических и микробиологических показателей слюны и ротовой полости пациентов с природной санацией и с кариесом.

Слюна представляет собой биологическую жидкость ротовой полости, которая является секретом слюнных желез. Слюна является фактором природной санации ротовой полости и средством поддержания гомеостаза ротовой полости [1]. Ротовая полость рассматривается как комплексная экологическая система, которая напрямую зависит от состава слюны, состояния слизистых оболочек, микробиоценоза и показателей системы неспецифической резистентности, а также от гормонального фона [2]. Ротовая полость является отображением состояния организма в целом, поскольку локальный иммунитет слизистых оболочек напрямую зависит от характеристик системного иммунитета, от общего гормонального фона и состояния микробиоценоза, определяющего колонизационную резистентность слизистых оболочек [6].

Анализ основных микробиологических характеристик слюны позволяет заключить, что в норме слюна, секретируемая слюнными железами, является стерильной биологической жидкостью. Только попадая в ротовую полость, она смешивается с другими биологическими жидкостями, содержащимися в ней, и контактирует со слизистыми оболочками, которые имеют свой стабильный микробиоценоз. Соответственно, слюна, взятая непосредственно из ротовой полости, утрачивает свою первоначальную стерильность. Вместе с тем, физико-химические свойства слюны, как из слюнных желез, так и из ротовой полости, остаются стабильными и неизменными [7; 9]. Все это позволяет нам говорить о микробиоценозе ротовой полости, как о факторе, лежащем в основе патогенеза при кариесе и других заболеваниях ротовой полости. При этом нарушения основных иммунологических и микробиологических параметров приводит к развитию заболеваний ротовой полости, в том числе, кариеса. Вместе с тем, нормальное состояние иммунологических и микробиологических параметров определяет природную санацию ротовой полости и рассматривается как фактор, предупреждающий развитие кариеса [8].

Физико-химические параметры слюны

Слюна, содержащаяся в ротовой полости, состоит собственно из слюны, и различных примесей, таких как микробные и эпителиальные клетки, остатки пищи, органические компоненты, и т.д. Анализ основных физико-химических параметров слюны показывает, что в состав слюны входят также белки, гормоны, липиды, углеводы, минеральные вещества, а также компоненты, входящие в состав слюнных желез, сыворотки крови, тканей ротовой полости. Чистая слюна представляет собой биологическую жидкость, секретируемую в ротовую полость тремя парами больших слюнных желез и множеством мелких желез. За счет всех компонентов, входящих в состав слюны, осуществляется ее бактерицидная функция, суть которой состоит в механической очистке (самоочищении) ротовой полости, а также защите от бактериальных и химических компонентов [7].

Ряд исследований [9; 10; 12; 14] указывает на то, что слюне отводится важная роль в поддержании гомеостаза ротовой полости. В основе гомеостаза лежит поддержание кислотно-основного равновесия полости рта, за счет чего обеспечивается нормальное протекание многих биохимических процессов. Так, слюна обеспечивает процессы ре- и деминерализации зубной эмали, обеспечивает профилактику образования налета и зубного камня, обеспечивает нормальное функционирование микрофлоры ротовой полости. Показано, что после постановки металлических конструкций в ротовую полость, существенно изменяется кислотно-основной баланс, что приводит к развитию заболеваний ротовой полости, в том числе, кариеса. Ряд исследований [12; 13; 15; 24] указывает на то, что состав и свойства слюны и ротовой жидкости во многом зависят от функционирования гематосаливарного барьера. Это имеет важное значение для возникновения и течения многих заболеваний, в том числе, кариеса, заболеваний слизистой оболочки ротовой полости. Рабочая основа гематосаливарного барьера представлена эндотелием кровеносных сосудов, а также миоэпителиальными и секреторными клетками, клетками выводных протоков слюнных желез.

В настоящее время есть ряд исследований [14; 16; 22; 24], указывающих на важную роль макро- и микроэлементов в поддержании нормального состояния организма, в том числе, слизистых оболочек ротовой полости. От содержания минеральных веществ во многом зависит состояние системы неспецифической резистентности, способность к адаптации. Также подчеркивается важная роль ферментов, входящих в состав слюны. Есть множество исследований, в ко-

торых указывается на важную роль белкового и аминокислотного состава в поддержании нормального функционирования ротовой полости. Так, у пациентов с кариесом отмечается уменьшение объема секреции слюны, происходит сдвиг pH в кислую сторону, увеличивается количество белка, снижается уровень хлоридов и снижается активность щелочной фосфатазы. Наблюдается рост провоспалительных факторов, которые повышают активность протективных ферментов, таких как каталаза, глутатионредуктаза, церклоплазмин. Ингибируется активность противовоспалительных факторов.

Обращает на себя внимание повышенная активность некоторых ферментов у лиц с природной санацией ротовой полости. В частности, повышается активность лизоцима (муромидазы), кислой и щелочной фосфатазы. Стоит отметить, что слюна содержит буферные системы, которые принимают участие в поддержании стабильного pH при употреблении в пищу кислых продуктов. В норме pH слюны варьируется в пределах 5,6–8,0, причем значение pH тем выше, чем интенсивнее деятельность железы [18]. В целом, анализ физико-химических показателей слюны позволяет нам сделать вывод о том, что показатели чистой слюны, полученной из слюнных желез пациентов, как с природной санацией ротовой полости, так и с различными заболеваниями, примерно сопоставимы. Физико-химические параметры слюны, взятой из ротовой полости, также не имеют выраженных отличий. Наблюдаются отличия в микробиологических и иммунологических показателях ротовой жидкости. Соответственно, имеет смысл проанализировать основные иммунологические и микробиологические показатели ротовой полости пациентов с кариесом и с природной санацией [17].

Иммунологические и микробиологические характеристики ротовой полости пациентов с природной санацией

Слизистая оболочка полости рта является мощным барьером, который предупреждает проникновение чужеродных антигенов во внутреннюю среду организма. Одной из важных особенностей слизистой полости рта является способность ее к самоочищению за счет защитных факторов слюны и барьерных свойств слизистой оболочки [19].

Нормальное состояние этих процессов во многом зависит от иммунологического и микробиологического состояния слизистой оболочки и мягких тканей. Этот факт подтверждается рядом исследований. Так, в исследованиях Четвертных и соавт. [25], указывается на то, что у относительно здоровых пациентов

с природной санацией ротовой полости, как правило, наблюдается высокий уровень дифференцировки эпителия, что подтверждается присутствием в мазках в большем количестве клеток не глубоких, а поверхностных слоев.

Также стоит отметить важную роль микробиологических компонентов в формировании нормального состояния слизистой оболочки. Нормальный микробиоценоз представлен колониями условно-патогенных микроорганизмов, которые в определенных количествах, не превышающих показатели нормы, обеспечивают защиту ротовой полости от воздействия и размножения патогенных микроорганизмов. Снижение числа условно-патогенных микроорганизмов приводит к активному размножению патогенной микрофлоры, в связи с чем, развивается тот или иной инфекционно-воспалительный процесс [7].

Микроорганизмы формируют свою микросреду: образуются микробные ассоциации, биопленки. Стоит отметить важную роль микробных метаболитов, бактериальных эндо- и экзотоксинов, ионов металлов, витаминов в поддержании гомеостаза. В результате складываются оптимальные условия для поддержания стабильной среды ротовой полости, что и обеспечивает природную санацию ротовой полости. Такой гомеостаз формирует оптимальные условия для активного функционирования и поддержания высокого уровня активности различных компонентов иммунной системы. В первую очередь, важная роль отводится факторам системы неспецифической резистентности. Стоит отметить важную роль таких компонентов СНР, как лизоцим, интерферон, Iq A, фибронектин, инсулин, фактор регенерации эпителия и т.п. Перечисленные компоненты способствуют активной защите поверхности эпителиальных клеток от повреждающего воздействия патогенных микроорганизмов, а также обеспечивает надежную и интенсивную регенерацию при необходимости [20].

У пациентов с природной санацией ротовой полости отмечается завершённый фагоцитоз и не наблюдается признаков скопления и активации нейтрофилов и базофилов. Функциональная активность нейтрофилов находится на низком уровне, однако возможность к их дальнейшей активации сохраняется. Отмечается значительное снижение активности полиморфно-ядерных лейкоцитов. Бицидный резерв нейтрофилов сохраняется на относительно высоком уровне [6].

У пациентов, имеющих природную санацию ротовой полости, преобладают моноколони, представленные преимущественно бациллярными и коккообразными формами. Адгезируются они преимущественно на по-

верхности эпителиоцитов, при этом колоний грибковой микрофлоры выявлено не было. Из ротовой полости пациентов с природной санацией ротовой полости были выделены более сложные ассоциации микроорганизмов: *Staph. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. aureus*, *S. haemolyticus*, *S. hominis*, *Str. viridans (group)*, *Str. pneumoniae*, *Str. agalactiae*, *Str. pyogenes*, *Neisseria spp.*, *Corinebacterium spp.*, *Haemophilus spp.*, *Candida spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Moraxella catarrhalis*, *Bacillus spp.*, *Micrococcus spp.* Состав и уровни контаминации микроорганизмами полости рта пациентов с природной санацией значительно превосходят аналогичные показатели у пациентов без природной санации ротовой полости.

Значительное разнообразие видов микрофлоры ротовой полости и зева подчеркивают и другие исследователи [4; 8; 21]. Среди бактерий преобладали грамположительные кокки, представленные в большинстве стрептококками.

Иммунологические и микробиологические характеристики ротовой полости пациентов с кариесом

У пациентов с кариесом наблюдаются существенные изменения местного иммунитета и микробиоценоза. Так, иммунологические исследования, проведенные автором Четвертных [25], указывают на то, что у пациентов с кариесом, микрофлора в большинстве препаратов была полиморфной; микроорганизмы имели вид мелких кокковых форм с адгезией их на поверхности эпителиоцитов. В некоторых микропрепаратах присутствовала грибковая микрофлора, в частности, встречались отдельно лежащие нити *Candida*. Отмечалось большое количество нейтрофильных гранулоцитов. Часть нейтрофильных гранулоцитов находилась на стадии разрушения. Наблюдались признаки незавершенного фагоцитоза. В цитоплазме фагоцитов определялись крупные и мелкие вакуоли, в них содержались остатки поглощенного материала. Наблюдается специфическая структура эпителиальных клеток. В некоторых клетках контур ядер резко размыт. В цитоплазме заметно большое количество базофильных гранул. В целом, грубых деструкционных явлений в клетках выявлено не было, тем не менее, отмечается выраженная тенденция к нарушению морфологической структуры и функциональных свойств эпителия [25].

Обращает на себя внимание тот факт, что у большинства пациентов с кариесом, отмечается умеренно повышенная активность нейтрофилов, высокий уровень спонтанной реакции, низкая резервная способность клеток. Эти процессы сопровождаются дальнейшим

снижением активности полиморфно-ядерных лейкоцитов. Также обращает на себя внимание существенное снижение биоцидного резерва нейтрофилов. То есть, по результатам можно сделать вывод о нарушении местного иммунитета, а также о самоповреждении клеток, о развитии воспалительного процесса, протекающего на фоне нарушений иммунной системы, при аутоиммунной агрессии [22].

Обращает на себя внимание нарушение микробиоценоза ротовой полости пациентов с кариесом. Из ротовой полости пациентов с кариесом с различным уровнем контаминации были выделены следующие микроорганизмы: *Staph. epidermidis*, *S. saprophyticus*, *S. aureus*, *S. viridans (group)*, *Corinebacterium spp.*, *Neisseria spp.* Частота встречаемости данных микроорганизмов варьировала от 5,3% (*S. aureus*) до 98,2% (*S. epidermidis*).

Примерно в 3,5% случаев был диагностирован пиогенный стрептококк. Данный микроорганизм отличается высокой степенью вирулентности, в связи с чем, требует серьезного наблюдения и настороженности. При выявлении высокой степени обсемененности стрептококком, существенно возрастает риск развития гнойно-воспалительных заболеваний и осложнений.

Также серьезную опасность представляет появление в мазке гемолитического стафилококка. Этот микроорганизм вызывает преимущественно локальные инфекции, в том числе, инфекции ротовой полости [23].

У пациентов с кариесом довольно часто встречаются грибы рода *Candida*. Так, представители рода *Candida* встречаются у лиц с природной санацией ротовой полости в 21,0% случаев, что существенно ниже, чем у лиц, с кариесом (45–50%). Стоит отметить, что при снижении иммунитета, при наличии ряда сопутствующих факторов, в том числе, эндокринных нарушений, хронических заболеваний, нарушениях обменных процессов, таких как сахарный диабет, гипертиреоз, отмечается риск развития кандидоза.

Встречаются отдельные литературные данные, посвященные исследованию анаэробной микрофлоры. Исследования отдельных авторов указывают на то, что у всех обследованных с кариесом, были выявлены грамположительные анаэробные кокки в количестве свыше 10^3 КОЕ/мл. Эти микроорганизмы были представлены *Peptostreptococcus spp.*, *Peptococcus spp.*, *Finegoldia magna*, *Actinomyces spp.*

Грамотрицательные анаэробные бактерии, представленные кокками (*Veilonella spp.*), палочками (*Fuzobacterium nucleatum*, *Bacteroides spp.*, *Prevotella spp.*) выделялись у пациентов с кариесом в количестве свыше 10^3 – 10^4 КОЕ / мл [22; 23].

В результате анализа данных, полученных при проведении микробиологического исследования, нами была выявлена значительно более высокая степень обсемененности микроорганизмами ротовой полости пациентов с кариесом. Это соответствует большей частоте встречаемости гнойно-воспалительных заболеваний у с кариесом. Вместе с тем, у пациентов с природной санацией ротовой полости преобладают представители условно-патогенной микрофлоры, количество которых не превышает показатели в 10^3 КОЕ/мл [25].

Выводы

Таким образом, нарушение основных иммунологических и микробиологических параметров приводит к развитию заболеваний ротовой полости, в том числе, кариеса. Вместе с тем, нормальное состояние иммунологических и микробиологических параметров определяет природную санацию ротовой полости и рассматривается как фактор, предупреждающий развитие кариеса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Асмирханов Т.Н., Дергунов А. В. Патология зубов и слизистой оболочки ротовой полости у работников целлюлозно-бумажного комбината // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. — 2012. — № 2. — С. 222–228.
2. Богатов В. В., Бутова Н. М. // Технологии XXI века в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии: Материалы Научно-практической конф. стоматологов и челюстно-лицевых хирургов Центрального федерального округа Российской Федерации с международным участием. — Тверь, 2008. — С. 22–23.
3. Воложин А. И. Патология кислотно-основного равновесия в общеклинической и стоматологической практике / А. И. Воложин, А. Ж. Петриков, В. А. Румянцев. — М.: Медицина, 1997. — 74 с.
4. Гайворонский А.И., Сбойчаков В. Б., Андреев В. А. Сравнительная характеристика микрофлоры полости носа и зева применительно к запросам хирургии основания черепа // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». — 2011. — № 4. — С. 12–15.
5. Гильмиярова Ф. Н. Аналитические подходы к изучению показателей метаболизма в ротовой жидкости / Ф. Н. Гильмиярова, В. М. Радомская, А. В. Бабичев — М.: Медицина, 2006. — 312 с.
6. Долгих В. Т. Клиническая патофизиология для стоматолога. — М.: Медицина, 2016. — 195 с.
7. Доменюк Д. А. Оценка адаптационных механизмов при использовании съёмной ортодонтической аппаратуры у детей (антиоксидантные аспекты) / Д. А. Доменюк, В. А. Зеленский, А. Г. Карслиева, Е. Н. Иванчева // Стоматология детского возраста и профилактика. — 2013. — Том XII. № 4 (47). — С. 10–14.
8. Доменюк Д. А. Оценка адаптационных процессов при использовании съёмной ортодонтической аппаратуры у детей / Д. А. Доменюк, В. А. Зеленский, Л. В. Ташуева, Ж. С. Орфанова, Е. Н. Иванчева // Стоматология детского возраста и профилактика. — 2013. — Том XII. № 1 (44). — С. 50–57.
9. Доменюк Д. А. Оценка корреляционных связей между электролитным составом и показателями местного иммунитета смешанной слюны у пациентов с аномалиями зубочелюстной системы (часть I) / Д. А. Доменюк, В. А. Зеленский, А. Г. Карслиева // Институт стоматологии. — 2014. — № 2 (63). — С. 66–68.
10. Доменюк Д. А. Системный анализ факторов риска возникновения и развития кариеса у детей с аномалиями зубочелюстной системы (часть I) / Д. А. Доменюк, Б. Н. Давыдов, А. Г. Карслиева // Стоматология детского возраста и профилактика. — 2014. — Том XIII. № 1 (48). — С. 35–42.
11. Доменюк Д. А. Сравнительная оценка микробной обсеменённости базисных материалов для ортодонтических аппаратов у детей и подростков / Д. А. Доменюк, В. А. Зеленский // Стоматология детского возраста и профилактика. — 2012. — Том XI. № 3 (42). — С. 48–52.
12. Дурново Е.А., Рунова Н. Б., Нагорнова Е. В. Способ диагностики острых одонтогенных воспалительных заболеваний полости рта. Пат. № 2286572 Рос. Федерации от 27.12.2006 г.
13. Елизарова В. М. Нарушение гомеостаза кальция при множественном кариесе у детей / В. М. Елизарова, Ю. А. Петрович // Стоматология. — 2002. — № 1. — С. 67–71.
14. Елизарова В. М. Оценка стоматологического статуса детей, страдающих витамин Д-резистентным и витамин Д-зависимым рахитом / В. М. Елизарова, П. В. Новиков, А. С. Гончаренко // Российский стоматологический журнал. — 2016. — № 2. — С. 16–21.
15. Захарова А.А., Ильина Н. А. Анализ микрофлоры ротовой полости обследованных людей с различными заболеваниями // Успехи современного естествознания. — 2007. — № 12–3. — С. 141–143; URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=12036> (дата обращения: 27.01.2020).
16. Зенков Н. К. Окислительный стресс. Биохимические и патофизиологические аспекты / Н. К. Зенков, В. З. Ланкин, Е. Б. Меньщикова — М.: Наука. Интерпримодика, 2001. — 427 с.
17. Комарова Л. Г. Новые представления о функции слюнных желез в организме (клинико-биохимический аспект) / Л. Г. Комарова, О. П. Алексеева: Монография. — Н. Новгород, 1994. — 96 с.
18. Леонова Л.Е., Собянина Л. И., Коробейникова Е. П. Результаты применения орошений питьевой минеральной водой «Устькачкинская» при лечении пародонтита // Курортология и курортное дело. — 2004. — № 1. — С. 117.
19. Леонтьев В. К. Кариес и процессы минерализации. — М.: ММСИ, 2007. — 541 с.
20. Микробная флора полости рта и ее роль в развитии патологических процессов / Е. А. Кузнецов, В. Н. Царев, М. М. Давыдова и др. — М., 2000. — 74 с.
21. Микрофлора полости рта: норма и патология / Е. Г. Зеленова, М. И. Заславская, М. И. Салина и др. — Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2004. — 156 с.

22. Персин Л. С. Стоматология детского возраста / Л. С. Персин., В. М. Елизарова, С. В. Дьякова // Учебная литература для медицинских вузов. — Изд. 5-е, перераб. и доп. — М.: Медицина, 2006. — 640 с.
23. Тер-Асатуров Г.П., Геворкян О. В., Сиушкина Т. С. // Материалы XXI и XXII Всероссийских науч.-практ. конф. — М., 2009. — С. 211–212.
24. Цепов Л.М., Цепова Е. Л., Нестерова М. М. Физико-химические и метаболические параметры ротовой жидкости и слюны как индикаторы состояния организма (обзор литературы) // Режим доступа: <https://dentalmagazine.ru/posts/fiziko-ximicheskie-i-metabolicheskie-parametry-rotovoj-zhidkosti-i-slyuny-kak-indikator-y-sostoyaniya-organizma-obzor-literatury.html>
25. Четвертных В.А., Рогожников Г. И., Асташина Н. Б. Цитологический мониторинг эпителиальной ткани пародонта в оценке эффективности бальнеотерапии у пациентов с дефектами челюстей // Актуальные вопросы стоматологии. — № 2. — 2011. — С. 37–40.

© Кочергин Вадим Николаевич (kocherginvadim7@gmail.com).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

НЕОБХОДИМОСТЬ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ВНЧС

NEED FOR ASSESSING THE QUALITY OF LIFE OF PATIENTS WITH CHRONIC DISEASES OF TMJ

**A. Yatsuk
K. Sivolapov**

Summary. The article is devoted to the study of the problems of chronic TMJ diseases, the variety of the clinical picture of which has a significant impact on the quality of life of patients. The need for further study of QOL indicators before and after treatment is shown, which will determine the degree of influence of the disease on the physical, psychological and social functioning of patients and will help to further expand the range of standard parameters for evaluating the effectiveness of the therapy, to "quantify" the effectiveness of the treatment.

Keywords: temporomandibular joint, chronic diseases of TMJ, quality of life, clinical symptoms, pain.

Яцук Андрей Викторович

К.м.н., Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Dr-Yatsuk@mail.ru

Сиволапов Константин Анатольевич

Д.м.н., профессор, Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей — филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Vikand84@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению проблемы хронических заболеваний ВНЧС, многообразии клинической картины которых оказывает существенное влияние на качество жизни пациентов. Показана необходимость дальнейшего изучения показателей КЖ до и после лечения, что позволит определить степень влияния заболевания на физическое, психологическое и социальное функционирование пациентов и поможет дополнительно расширить круг стандартных параметров оценки результативности проводимой терапии, «количественно» судить об эффективности проводимого лечения.

Ключевые слова: височно-нижнечелюстной сустав, хронические заболевания ВНЧС, качество жизни, клинические симптомы, боль.

Введение

В последнее время в современных медицинских исследованиях все больше внимания уделяется качеству жизни. В медицине качество жизни касается прежде всего состояния здоровья. Поэтому в данном случае корректно применять понятие «качество жизни, связанное со здоровьем» [1, 2]. Для людей разного возраста, пола и социального положения качество жизни имеет различные аспекты стоматологического здоровья. К таким аспектам можно отнести состояние височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС), заболевания которого вызывают значительную боль, страдания, меняют рацион питания человека, его речь, негативно влияют на благополучие пациентов. Интерес ученых к заболеваниям ВНЧС, в первую очередь, обуславливает значительное количество таких больных, недостаточная изученность данного вопроса и противоречивость результатов исследований. Широкая распространенность, необычайный полиморфизм, трудности диагностики и лечения ставят заболевания ВНЧС в ряд центральных вопросов современной стоматологии.

Цель исследования

Обоснование необходимости оценки Качества жизни больных с хроническими заболеваниями ВНЧС.

По данным статистики, патологии височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС) на разных стадиях выявляют у 25–65% населения земного шара [3,4,5]. Не случайно именно данные заболевания попали в поле зрения ученых, ведь расстройства ВНЧС занимают особое место в клинической практике в связи со сложностью клинической картины, которая нередко напоминает течение других болезней, находящаяся в пределах компетенции врачей различных специальностей: стоматологов, отоларингологов, невропатологов, психиатров, ревматологов и др. В результате, практикующие врачи различных профилей сталкиваются с трудностями в диагностике и лечении. На сегодня существует необходимость настороженности как стоматологов, так и ревматологов по недооценке и правильной диагностике хронических заболеваний ВНЧС на ранней стадии.

Последние исследования в этой области констатируют высокую распространенность дегенеративных и воспалительных дисфункций ВНЧС у пациентов с системными ревматическими заболеваниями и меньшую распространенность, но все же с ее высоким показателем у больных без системного привлечения [6]. Ревматические заболевания ВНЧС становятся все более частыми, и, к сожалению, их часто путают с «классическими» мануальными дисфункциями (миофасциальные болевые синдромы) [3].

Многолетний научно-практический опыт изучения дисфункциональных состояний ВНЧС, особенно за последние 20 лет, определил их частоту. Клинические признаки суставных дисфункций, согласно публикациями ведущих специалистов 90-х годов прошлого столетия, выявлялись у 14–40% всего населения, а в последние годы патология ВНЧС среди поражений зубо-челюстного аппарата занимает третье место после кариеса и заболеваний пародонта. Доказано, что на долю дисфункции височно-нижнечелюстного сустава приходится 78,3–84,4% от общего числа его заболеваний [7, 8].

По данным различных авторов, клинические признаки дисфункции височно-нижнечелюстного сустава (боль, крепитация, дискоординация движений и связанная с ней девиация нижней челюсти при открывании рта, напряжение мышц и периартикулярных тканей, снижение слуха) выявляется у 40% — 90% всего населения [6, 7, 9]. Дисфункции ВНЧС возникают у женщин более чем в два-пять раз чаще, чем у мужчин, и являются наиболее распространенной причиной хронической боли в челюстно-лицевой области, не связанной с поражениями твердых тканей зубов. Приоритет развития дисфункциональных состояний ВНЧС у женщин относительно мужчин достоверно связан с полиморфизмом альфа-рецептора эстрогена, который может объяснять и повышенную восприимчивость к боли у женщин [10].

Согласно общеизвестным положениям, дисфункциональные состояния, как все заболевания ВНЧС, обусловлены внутри- и внесуставными патологическими процессами [5, 8, 11]. При этом подавляющее большинство патологий являются ВНЧС функционально обусловленными [12]. Причина высокой частоты функциональной патологии ВНЧС связана с наличием подвижного внутреннего суставного диска и нарушениями мышечного синергизма при выполнении функций сустава [8]. Среди многочисленных этиологических факторов в развитии дисфункциональных состояний ВНЧС первое место отводится окклюзионно-артикуляционным и нейромышечным нарушениям [13].

Несмотря на типичные характеристики, присущие почти всем суставам, ВНЧС имеет некоторые особен-

ности, которые выделяют его среди всех костных сочленений. ВНЧС является одним из наиболее активно работающих шарнирных суставов, который обеспечивает плавные движения челюсти вверх-вниз и из стороны в сторону и дает человеку возможность выполнять уникальные функции: разговаривать, петь, есть, зевать и др. Именно этот сустав работает гораздо больше других, ведь движения в ВНЧС могут осуществляться при функциональном покое других суставов. Таким образом, на ВНЧС приходится большая физическая нагрузка, во время которой могут страдать как его суставные поверхности, диск, так и хрящевая ткань.

Как и другие суставы, ВНЧС может страдать под влиянием различных факторов. Клинически поражения ВНЧС независимо от этиологических факторов почти всегда манифестируют болью различной степени интенсивности. В случае острого процесса боль имеет колющий, режущий характер, она препятствует открыванию рта, разговору, делает невозможным прием пищи. Боль преследует больных во время жевания, разговора и в покое. Очень часто отмечается головная боль и небольшое локальное повышение температуры тела [14].

При распространении воспалительного процесса происходит сужение слуховых каналов, что клинически проявляется снижением остроты слуха, оталгией. Также острая дисфункция ВНЧС может манифестировать мигальгией жевательных мышц, болью в шее, артралгиями [15]. Наиболее часто пациенты с болевой дисфункцией ВНЧС предъявляют жалобы на боли в области сустава, уха, виска, головные боли, ограничение диапазона подвижности челюсти, щелканье, хруст или «запирание», ощущение скованности в области сустава. Боли могут возникать при попытках движения нижней челюстью, либо бывают самопроизвольными [7]. Зачастую пациенты отмечают, невозможность найти удобное положения для нижней челюсти, к примеру при попытке заснуть. Все вышеперечисленные симптомы обуславливают тревожность пациентов, подавленность их настроения, снижение аппетита, нарушения сна, развитие неверия в выздоровление [16].

В условиях длительного течения воспалительного процесса, ограничения количественного состава экссудата в полости ВНЧС, возможно появление пролиферативных осложнений внутрисуставных структур, которые начинают неадекватно влиять друг на друга. Все эти изменения вызывают сужение суставной щели, сближение соседних костно-суставных поверхностей, что приводит к появлению специфического хруста, щелчка, который пугает многих пациентов. Кроме того, длительное бездействие ВНЧС из-за значительных болевых ощущений вызывает ответную реакцию — скованность движений лицевых мышц и суставных участков, а также ухудшение

слуховых качеств [4, 12, 17]. Такое многообразие клинической картины оказывает существенное влияние на качество жизни пациентов.

Качество жизни (КЖ), связанное со здоровьем, сегодня является одним из ключевых индикаторов качества медицинской помощи пациентам с хроническими заболеваниями и представляет собой интегральный показатель здоровья. Под этим термином прежде всего понимают комплексную оценку влияния определенного заболевания субъективное ощущение физического и психосоциального здоровья человека. Современный менеджмент хронических заболеваний ВНЧС должен базироваться не только на оценке клинических симптомов, ортопедического статуса, но и на оценке восприятия пациентами качества собственной жизни в контексте своего заболевания. КЖ должно являться одним из ключевых мониторинговых обследований у пациентов с хроническими заболеваниями ВНЧС и должно оцениваться как минимум 1 раз в год [18].

Эффективность и экономичность различных методов лечения следует оценивать с учетом качества жизни пациентов, что даст возможность точно определить нарушения состояния их здоровья, определить метод лечения, а также оценить ожидаемые результаты его применения по параметрам научной точки зрения и субъективной точки зрения пациента. Оценку качества жизни следует включить в комплекс вместе с други-

ми параметрами как фактор, который не только влияет на развитие заболевания, но и определяет его прогноз.

Заключение

Большая распространенность, трудность диагностики, длительность, а иногда и безуспешность консервативного лечения хронических заболеваний ВНЧС, является одной из самых главных задач поиска новых, эффективных способов лечения данной патологии. В 70–80% случаев заболевания ВНЧС являются функциональными нарушениями. Изучению диагностики и лечения заболеваний височно-нижнечелюстного сустава уделено много внимания. Клиника заболевания характеризуется хроническим болевым синдромом, суставным шумом, ограничением открывания рта, т.е. функциональность сустава снижается по ходу заболевания, снижается качество жизни пациента. Для синдрома болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава характерно не только многообразие причин и клинических проявлений, но и наличие последствий заболевания, снижающих КЖ человека. Таким образом, необходимо дальнейшее исследование показателей КЖ до и после лечения, что позволит определить степень влияния заболевания на физическое, психологическое и социальное функционирование пациентов и поможет дополнительно расширить круг стандартных параметров оценки результативности проводимой терапии, «количественно» судить об эффективности проводимого лечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гандылян К. С. Объективные показатели для оценки эффективности проводимого лечения пациентов с непароксизмальными лицевыми болями. Вестник медицинского стоматологического института. 2010;3:21–23
2. Новик А. А. Концепция исследования качества жизни медицине / А. А. Новик, Т. И. Ионова, П. Кайнд., СПб: «Элби», 1999
3. Ferri J., Potier J., Maes JM et al. Temporomandibular joint arthritis: Clinical, orthodontic, orthopaedic and surgical approaches. *Int. Orthodontics*. 2018;16(3):545–561.
4. Pinto JRR, Pedron IG, Utumi ER et al. Temporomandibular joint disorders as the only manifestation of juvenile idiopathic arthritis: a case report. *Einstein (São Paulo)*. 2018;16(3): eRC4003.
5. Zhu X., Sang L., Wu D. Effectiveness and safety of glucosamine and chondroitin for the treatment of osteoarthritis: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J. Orthop. Surg. Res*. 2018;13(1):170.
6. Pantoja LLQ, de Toledo IP, Pupo YM et al. Prevalence of degenerative joint disease of the temporomandibular joint: a systematic review. *Clin. Oral Investig*. 2018:1–14.
7. He D., An Y., Li Y. et al. RNA sequencing reveals target genes of temporomandibular joint osteoarthritis in rats after the treatment of low-intensity pulsed ultrasound. *Gene*. 2018;672:126–136.
8. Murphy MK, MacBarb RF, Wong ME, Athanasiou KA. Temporomandibular joint disorders: A review of etiology, clinical management, and tissue engineering strategies. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*. 2013;28(6): e393.
9. Gui MS, Pimentel MJ, Rizzatti-Barbosa CM. Temporomandibular disorders in fibromyalgia syndrome: a short-communication. *Revista Brasileira de Reumatologia*. 2015;55(2):89–194.
10. Sanches M., Assis L., Criniti C. et al. Chondroitin sulfate and: associated to photobiomodulation prevents degenerative morphological changes in an experimental model of osteoarthritis in rats. *Lasers Med. Sci*. 2018;33(3):549–557.
11. Frojo G., Tadisina KK, Shetty V., Lin AY. Temporomandibular joint septic arthritis. *Plast. Reconstr. Surg. Glob. Open*. 2018;6(1): e1648.
12. O'Connor RC, Fawthrop F., Salha R., Sidebottom AJ. Management of the temporomandibular joint in inflammatory arthritis: Involvement of surgical procedures. *Eur. J. Rheumatol*. 2018;4(2):151.
13. Jose G. Temporomandibular Dysfunction and Headache Disorder. Jose G., Fabiola Dach. *Journal of Oral Pathology and Medicine*. 2015;55(1):72–83.

14. Martins-Junior RL et al. Temporomandibular disorders: a report of 124 patients. J. Contemp. Dent. Pract. 2010;11:71–8
15. Schiffman E., Ohrbach R. Executive summary of the diagnostic criteria for temporomandibular disorders for clinical and research applications. J. Am. Dent. Assoc. 2016;147(6):438–445.
16. Жердая С. Ю. Клинико-патогенетическая оценка патологии ВНЧС. Клиническая медицина. 2004;1:11–13
17. Tsujimoto K., Hata A., Fujita M. et al. Presepsin and procalcitonin as biomarkers of systemic bacterial infection in patients with rheumatoid arthritis. Int. J. Rheum. Dis. 2018;21(7):1406–1413.
18. Тарасова Т.В., Захаркин И. А., Саушева А.И. Некоторые параметры качества жизни больных с дисфункциональными нарушениями височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС). Научная дискуссия: инновации в современном мире. 2016;2:105–109

© Яцук Андрей Викторович (Dr-Yatsuk@mail.ru), Сиволапов Константин Анатольевич (Vikand84@mail.ru).
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



НАШИ АВТОРЫ OUR AUTHORS

Akhundova N. —Senior Lecturer, Azerbaijan State Economic University, Baku
nazilya.akhundova@mail.ru

Alimov A. —Candidate of Medical Sciences, Ekaterinburg Research Institute of Viral Infections FBRI SRC VB «Vector», Rospotrebnadzor
virus@eniivi.ru

Alyeva B. —doctoral candidate, Institute of Microbiology of ANAS, Baku
azmbi@mail.ru

Anaschenkova T. —Candidate of Medical Sciences, associate Professor, Smolensk state medical University

Andryukhin A. —Ph. D., associate professor, MIREA - Russian Technological University (Moscow)
pr1110@list.ru

Anzorov V. —Doctor of Biological Sciences, Professor, Chechen State University
vaha-anzorov@mail.ru

Bebikhov Y. —cand. of science (phys.-math.), assist. prof., Polytechnic Institute (branch) NEFU n.a. M.K. Ammosov in Mirny
bebikhov.yura@mail.ru

Bekkaliyeva A. —FSBEI HE "Ulyanovsk State Agrarian University Named After P.A. Stolypin "
aidyn_kanatovna@mail.ru

Boboeva S. —Chuvash state University named after I. N. Ulyanov
shahlo.boboeva.1996@mail.ru

Budina A. —PhD, research Intern, Wistar Institute, Philadelphia, USA

Feoktistova N. —FSBEI HE "Ulyanovsk State Agrarian University Named After P.A. Stolypin "
dav_ul@mail.ru

Feoktistova N. —FSBEI HE "Ulyanovsk State Agrarian University Named After P.A. Stolypin "
feokna@yandex.ru

Gamanova N. —Orenburg State Medical University
natali_150597@mail.ru

Grachev N. —Ph. D., professor, MIREA - Russian Technological University (Moscow)
nnggrachev@mail.ru

Gruzdeva L. —candidate of technical sciences, associate professor, Russian University of transport (RUT - MIIT), Moscow
docentglm@gmail.com

Kamaeva T. —candidate of medical sciences, Khakass State University named after N.F. Katanov, Abakan
tatyankamaev@yandex.ru

Karaeva S. —Junior Researcher, Institute of Microbiology of ANAS, Baku
qarayevasevinc80@mail.ru

Klyachin V. —Ph.D. of Mathematics, Volgograd State University
klchnv@mail.ru

Kochergin V. —Director, Dental Clinic «Malbret», Moscow
kocherginvadim7@gmail.com

Lyashenko E. —FSBEI HE "Ulyanovsk State Agrarian University Named After P.A. Stolypin "
elena-118@mail.ru

Makshanova L. —Cand. Sci. (Engineering), associate professor, Dorji Banzarov Buryat state University, Ulan-Ude, Russia
lorimak@list.ru

Marhakshinov A. —Cand. Sci. (Engineering), Senior Lecturer, Dorji Banzarov Buryat state University, Ulan-Ude, Russia
ayurmar@yandex.ru

Matul G. —head of laboratory, Polytechnic Institute (branch) NEFU n.a. M.K. Ammosov in Mirny
mailbox428@gmail.com

Mavrina V. —Orenburg State Medical University
mialerusal@mail.ru

Moryakina S. —Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Chechen State University
s.moriakina@yandex.ru

Myasnikov A. —candidate of physical and mathematical sciences, assistant professor, Moscow State University of Civil Engineering
grubus@yandex.ru

Nagiyeva S. —Assistant, Azerbaijan Agrarian University, Ganja city
sevil_murquzova@mail.ru

Novoselov A. —Candidate of Medical Sciences, Laboratory Specialist, LLC Medical-Pharmaceutical Center «Garmonia» (Ekaterinburg)
virus_science@mail.ru

Peretyat'ko Nikita Olegovich—post graduate student, Vologograd State University
vek2009@mail.ru

Rezaykin A. —Candidate of Medical Sciences, Ekaterinburg Research Institute of Viral Infections FBRI SRC VB «Vector», Rospotrebnadzor
alexrez@yandex.ru

Ryskaliyeva B. —FSBEI HE "Ulyanovsk State Agrarian University Named After P.A. Stolypin "
bryskalieva@mail.ru

Saradgishvili S. —Ph.d., assoc. prof., Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
ssaradg@yandex.ru

Savinov S. —post-graduate student, Federal state budgetary educational institution of higher education "Vladimir state University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov"
conf-mail@bk.ru

Semenov A. —cand. of science (phys.-math.), head of department, Polytechnic Institute (branch) NEFU n.a. M.K. Ammosov in Mirny
sash-alex@yandex.ru

Sergeev A. —Doctor of Medical Sciences, FSBEI HE «Urals State Medical University» of the Ministry of Healthcare of Russian Federation (Ekaterinburg)
aldr131250@yandex.ru

Sivolapov K. —doctor of medical sciences, professor, Novokuznetsk state Institute for advanced training of doctors-branch of the Federal state budgetary educational institution of additional professional education "Russian medical Academy of continuing professional education" of the Ministry of health of the Russian Federation
Vikand84@mail.ru

Soloviev A. —Doctor of medical Sciences, Professor, Smolensk state medical University
Aleksolo46@yandex.ru

Tsybikova T. —candidate of pedagogical Sciences, associate Professor, Dorji Banzarov Buryat state University, Ulan-Ude, Russia
cts2001@mail.ru

Usoltseva P. —post-graduate student, FSBEI HE «Urals State Medical University» of the Ministry of Healthcare of Russian Federation (Ekaterinburg); researcher, Ekaterinburg Research Institute of Viral Infections FBRI SRC VB «Vector», Rospotrebnadzor
savina_polina@mail.ru

Valeullova D. —Chuvash state University named after I. N. Ulyanov
valeullova.dina@ya.ru

Vasilyev D. —FSBEI HE "Ulyanovsk State Agrarian University Named After P.A. Stolypin "
dav_ul@mail.ru

Vasilyev D. —FSBEI HE "Ulyanovsk State Agrarian University Named After P.A. Stolypin "
feokna@yandex.ru

Volkov V. —doctor of medical Sciences, Professor, Chuvash state University named after I. N. Ulyanov

Yatsuk A. —candidate of medical sciences, Novokuznetsk state Institute for advanced training of doctors-branch of the Federal state budgetary educational institution of additional professional education "Russian medical Academy of continuing professional education" of the Ministry of health of the Russian Federation
Dr-Yatsuk@mail.ru

Yurkin V. —Postgraduate st., Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
arhimondled@yandex.ru

Yusifova Ya. —Institute of Botany of ANAS, Baku
yaquty@list.ru

Требования к оформлению статей, направляемых для публикации в журнале



Для публикации научных работ в выпусках серий научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» принимаются статьи на русском языке. Статья должна соответствовать научным требованиям и общему направлению серии журнала, быть интересной достаточно широкому кругу российской и зарубежной научной общественности.

Материал, предлагаемый для публикации, должен быть оригинальным, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написан в контексте современной научной литературы, и содержать очевидный элемент создания нового знания. Представленные статьи проходят проверку в программе «Антиплагиат».

За точность воспроизведения дат, имен, цитат, формул, цифр несет ответственность автор.

Редакционная коллегия оста вляет за собой право на редактирование статей без изменения научного содержания авторского варианта.

Научно-практический журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» проводит независимое (внутреннее) рецензирование.

Правила оформления текста.

- ◆ Текст статьи набирается через 1,5 интервала в текстовом редакторе Word для Windows с расширением “.doc”, или “.rtf”, шрифт 14 Times New Roman.
- ◆ Перед заглавием статьи указывается шифр согласно универсальной десятичной классификации (УДК).
- ◆ Рисунки и таблицы в статью не вставляются, а даются отдельными файлами.
- ◆ Единицы измерения в статье следует выражать в Международной системе единиц (СИ).
- ◆ Все таблицы в тексте должны иметь названия и сквозную нумерацию. Сокращения слов в таблицах не допускаются.
- ◆ Литературные источники, использованные в статье, должны быть представлены общим списком в ее конце. Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках. Нумерация источников идет в последовательности упоминания в тексте.
- ◆ Литература составляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003.
- ◆ Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Правила написания математических формул.

- ◆ В статье следует приводить лишь самые главные, итоговые формулы.
- ◆ Математические формулы нужно набирать, точно размещая знаки, цифры, буквы.
- ◆ Все использованные в формуле символы следует расшифровывать.

Правила оформления графики.

- ◆ Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.
- ◆ Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе CorelDraw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран шрифтом Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из CorelDraw в растровые форматы. Встроенные - 300 dpi, формата TIF, без LZW уплотнения, CMYK.

По вопросам публикации следует обращаться к шеф-редактору научно-практического журнала «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики» (e-mail: redaktor@nauteh.ru).

