

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

***INTERNATIONAL RESEARCH JOURNAL***

---

**ISSN 2303-9868 PRINT  
ISSN 2227-6017 ONLINE**

Екатеринбург  
2017





Периодический теоретический и научно-практический журнал.  
Выходит 12 раз в год.  
Учредитель журнала: ИП Соколова М.В.  
Главный редактор: Миллер А.В.  
Адрес редакции: 620075, г. Екатеринбург, ул. Красноармейская,  
д. 4, корп. А, оф. 17.  
Электронная почта: [editors@research-journal.org](mailto:editors@research-journal.org)  
Сайт: [www.research-journal.org](http://www.research-journal.org)

**№ 08 (62) 2017  
Часть 3  
Август**

Подписано в печать 18.08.2017.  
Тираж 900 экз.  
Заказ 26196.  
Отпечатано с готового оригинал-макета.  
Отпечатано в типографии ООО "Компания ПОЛИГРАФИСТ",  
623701, г. Березовский, ул. Театральная, дом № 1, оф. 88.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Журнал имеет свободный доступ, это означает, что статьи можно читать, загружать, копировать, распространять, печатать и ссылаться на их полные тексты с указанием авторства без каких либо ограничений. Тип лицензии CC поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Журнал входит в международную базу научного цитирования **Agris**.

Номер свидетельства о регистрации в Федеральной Службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: **ПИ № ФС 77 – 51217.**

**Члены редколлегии:**

**Филологические науки:** Растягаев А.В. д-р филол. наук, Сложеникина Ю.В. д-р филол. наук, Штрекер Н.Ю. к.филол.н., Вербицкая О.М. к.филол.н.

**Технические науки:** Пачурин Г.В. д-р техн. наук, проф., Федорова Е.А. д-р техн. наук, проф., Герасимова Л.Г., д-р техн. наук, Курасов В.С., д-р техн. наук, проф., Оськин С.В., д-р техн. наук, проф.

**Педагогические науки:** Куликовская И.Э. д-р пед. наук, Сайкина Е.Г. д-р пед. наук, Лукьянова М.И. д-р пед. наук, Ходакова Н.П., д-р пед. наук, проф.

**Психологические науки:** Розенова М.И., д-р психол. наук, проф., Ивков Н.Н. д-р психол. наук, Каменская В.Г., д-р психол. наук, к. биол. наук

**Физико-математические науки:** Шамолин М.В. д-р физ.-мат. наук, Глезер А.М. д-р физ.-мат. наук, Свистунов Ю.А., д-р физ.-мат. наук, проф.

**Географические науки:** Умывакин В.М. д-р геогр. наук, к.техн.н. проф., Брылев В.А. д-р геогр. наук, проф., Огуреева Г.Н., д-р геогр. наук, проф.

**Биологические науки:** Буланый Ю.П. д-р биол. наук, Аникин В.В., д-р биол. наук, проф., Еськов Е.К., д-р биол. наук, проф., Шеуджен А.Х., д-р биол. наук, проф.

**Архитектура:** Янковская Ю.С., д-р архитектуры, проф.

**Ветеринарные науки:** Алиев А.С., д-р ветеринар. наук, проф., Татарникова Н.А., д-р ветеринар. наук, проф.

**Медицинские науки:** Ураков А.Л., д-р мед. наук, Никольский В.И., д-р мед. наук, проф.

**Исторические науки:** Меерович М.Г. д-р ист. наук, к.архитектуры, проф., Бакулин В.И., д-р ист. наук, проф., Бердинских В.А., д-р ист. наук, Лёвочкина Н.А., к.ист.наук, к.экон.н.

**Культурология:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

**Искусствоведение:** Куценков П.А., д-р культурологии, к.искусствоведения.

**Философские науки:** Петров М.А., д-р филос. наук, Бессонов А.В., д-р филос. наук, проф.

**Юридические науки:** Костенко Р.В., д-р юрид. наук, проф., Мазуренко А.П. д-р юрид. наук, Мещерякова О.М. д-р юрид. наук, Ергашев Е.Р., д-р юрид. наук, проф.

**Сельскохозяйственные науки:** Важов В.М., д-р с.-х. наук, проф., Раков А.Ю., д-р с.-х. наук, Комлацкий В.И., д-р с.-х. наук, проф., Никитин В.В. д-р с.-х. наук, Наумкин В.П., д-р с.-х. наук, проф.

**Социологические науки:** Замараева З.П., д-р социол. наук, проф., Солодова Г.С., д-р социол. наук, проф., Кораблева Г.Б., д-р социол. наук.

**Химические науки:** Абдиев К.Ж., д-р хим. наук, проф., Мельдешов А. д-р хим. наук, Скачилова С.Я., д-р хим. наук

**Науки о Земле:** Горяинов П.М., д-р геол.-минерал. наук, проф.

**Экономические науки:** Бурда А.Г., д-р экон. наук, проф., Лёвочкина Н.А., д-р экон. наук, к.ист.н., Ламоттке М.Н., к.экон.н.

**Политические науки:** Завершинский К.Ф., д-р полит. наук, проф.

**Фармацевтические науки:** Тринеева О.В. к.фарм.н., Кайшева Н.Ш., д-р фарм. наук, Ерофеева Л.Н., д-р фарм. наук, проф.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING

ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ МАССИВА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОХОДЧЕСКОГО ЗАБОЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА .....	6
МЕТАРЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ. 15	
АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СМЕСЕЙ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	21
ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА .....	26
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАСОСА «ШГН+ЭЦН» В РОССИИ .....	31
ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ (ОБЗОР).....	34
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СУШКИ ЗЕРНА ЗА СЧЕТ СРЕДСТВ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ .....	39
ЭЛЕКТРОВЕЛОСИПЕД В КАЧЕСТВЕ ТРЕНАЖЁРА.....	43
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУКИ ИЗ СЕМЯН РАСТОРОПШИ В ПРОИЗВОДСТЕ БЕЗГЛЮТЕНОВОЙ ПРОДУКЦИИ.....	46
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ “ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМА ИЗУЧЕНИЯ КИТАЙСКОГО ЯЗЫКА” .....	50
МЕТОД КОМПРЕССИИ ЦИФРОВЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА ТАБЛИЦЫ ТЕКСТУРНЫХ КООРДИНАТ.....	54
РАЗРАБОТКА МЕТОДА СОХРАНЕНИЯ ПИКСЕЛЕЙ В МАССИВ С ДИФФЕРЕНЦИАЦИЕЙ НА ЦВЕТОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ.....	58
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ В ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА .....	63
ПРИМЕНЕНИЕ USER EXPERIENCE/USER INTERFACE МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ .....	69
МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ С МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИЕЙ..	73
ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И ГАЗА ОТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ...	77
К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПШЕНИЦЫ ПО СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ЗЕРНА.....	80
ВЛИЯНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ .....	83

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE

МОРФОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНДЕРНЫХ РАЗЛИЧИЙ В ТЕЛОСЛОЖЕНИИ ЧЕЛОВЕКА У ЛИЦ ДВАДЦАТИЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА .....	88
ЦЕНТРАЛЬНАЯ ГЕМОДИНАМИКА, ТИРЕОИДНЫЙ СТАТУС И ДИСФУНКЦИИ ЭНДОТЕЛИЯ У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ .....	92
ЛЕЧЕБНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ РЕТИНОПАТИИ .....	98
СНИЖЕНИЕ АКТИВНОСТИ ТРАНСАМИНАЗ СУММАРНЫМ ЭКСТРАКТОМ ФИТОКОМПОЗИЦИИ ПРИ ТОКСИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ ПЕЧЕНИ.....	102
ДОГОСПИТАЛЬНЫЙ ТРОМБОЛИЗИС У ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА С ПОДЪЕМОМ СЕГМЕНТА ST В СОЧЕТАНИИ С УРГЕНТНОЙ АНГИОПЛАСТИКОЙ И ТРОМБАСПИРАЦИЕЙ .....	120
ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА У СПОРТСМЕНОВ С БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ .....	125
КОГНИТИВНО-ПСИХОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНЫМ ГИПОТИРЕОЗОМ ДО И ПОСЛЕ ЛЕЧЕНИЯ .....	128
ЗАЩИТА ИНТЕРЕСОВ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ ПРИ РАССМОТРЕНИИ ВОПРОСОВ О НЕНАДЛЕЖАЩЕМ ОКАЗАНИИ АКУШЕРСКО-ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	132



ТАКТИКА ЭНДОВАСКУЛЯРНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ ИНФАРКТМ МИОКАРДА С ПОДЪЕМОМ СЕГМЕНТА ST В, ВЛИЯНИЕ ТРОМБАСПИРАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕЧЕНИЯ.....	137
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕВРОЛОГИЧЕСКОГО ДЕФИЦИТА ПРИ ГИПОТИРЕОЗЕ .....	143
ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОЛЬНЫХ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОГО ОСТРОГО НАРУШЕНИЯ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ПО ИШЕМИЧЕСКОМУ ТИПУ .....	148
МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЖИВЛЕНИЯ ИШЕМИЗИРОВАННОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАНЫ НА 12 СУТКИ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ АУТО- И ГЕТЕРОФИБРОБЛАСТОВ И ДЕРМАЛЬНОГО ЭКВИВАЛЕНТА .....	151

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ENGINEERING****DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.007>****Алексеев А.В.<sup>1</sup>, Иовлев Г.А.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Аспирант кафедры Строительства горных предприятий и подземных сооружений  
Санкт-Петербургский Государственный Горный Университет<sup>2</sup>Аспирант кафедры Строительства горных предприятий и подземных сооружений  
Санкт-Петербургский Государственный Горный Университет**ВЛИЯНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ МАССИВА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОХОДЧЕСКОГО ЗАБОЯ  
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА****Аннотация**

*В статье рассматривается влияние геологического нарушения на забой тоннеля. Выявлен ряд эффектов, возникающих при подходе к нарушению. В статье приведены и сопоставлены результаты моделирования строительства тоннеля в однородной среде, а также в среде, ослабленной нарушением.*

*В настоящее время для строительства выработок метрополитена применяются спектр технологий, включающий наряду с современными тоннелепроходческими комплексами, применяемых для проходки перегонных тоннелей метрополитена, также и труд бригады проходчиков, используемый для проходки вспомогательных выработок. Строительство таких выработок, без щита, способом сплошного забоя осуществляется с разработкой грунта отбойными молотками и установкой временного крепления кровли и лба забоя. Для верного выбора крепи забоя, которая может гарантировать безопасные условия работы, необходимо достоверно прогнозировать напряженно-деформированное состояние в окрестности забоя, и, соответственно, устойчивое состояние, зависящее от различных факторов. Один из факторов – тектоническое нарушение был рассмотрен в данной работе. Приведена картина напряжений массива в зоне тектонического нарушения, а также характер деформирования лба забоя.*

**Ключевые слова:** геологическое нарушение, устойчивость забоя, математическое моделирование.

**Alekseev A.V.<sup>1</sup>, Iovlev G.A.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Postgraduate Student of Chair for Construction of Mining Enterprises and Underground Structures  
St. Petersburg State Mining University<sup>2</sup>Postgraduate Student of Chair for Construction of Mining Enterprises and Underground Structures  
St. Petersburg State Mining University**INFLUENCE OF THE INHOMOGENEITY OF THE SOLID MASS ON THE STABILITY OF THE MINE  
WORKING DURING THE CONSTRUCTION OF THE SUBWAY****Abstract**

*The article examines the influence of geological violation on the tunnel face. A number of effects that arise when approaching a violation are revealed. The article presents and compares the results of modeling the construction of a tunnel in a homogeneous medium, as well as in a medium weakened by a violation.*

*At present, a range of technologies is applied for the construction of underground workings, including the work of a team of drifters used to drive auxiliary workings as well as tunneling complexes used for the penetration of the subway tunnels. The construction of such excavations without a shield with the help of the method of continuous mine working is carried out with the development of the soil with jackhammers and the installation of a temporary fixing of the roof and the forehead of the face. It is necessary to reliably predict the stress-strain state in the vicinity of the face for the correct choice of a face support that can guarantee safe working conditions, and, accordingly, a stable state depending on various factors. One of the factors and namely a tectonic violation is considered in this paper. A picture of the stresses of the solid mass in the zone of tectonic disturbance is given, as well as the character of the deformation of the mine working.*

**Keywords:** geological violation, mine working stability, mathematical modeling.

Согласно ВСН 190-78, при проектировании метрополитенов, при наличии тектонических нарушений должны определяться устойчивость лба забоя, кровли и боковых стен выработки, фиксироваться проявления горного давления, наличие вывалов и негабаритных переборов грунта. Это говорит о том, что задача по определению влияния тектонических нарушений на забой подземного сооружения является актуальной научной задачей, которая, однако, не достаточно полно изучена. В настоящее время издан «Геологический атлас Санкт-Петербурга», согласно которому в кристаллическом фундаменте города имеются тектонические нарушения.

Таким образом, данная работа направлена на изучение геомеханических процессов, возникающих при проходке через зоны с тектоническими нарушениями, а также рассмотрение данной расчетной ситуации, так как она может оказывать влияние на безопасность проходческой бригады, а в будущем и на нормальную эксплуатацию инфраструктурного объекта.

Очевидно, что при проходке тоннелей, так или иначе, происходит смена одной литологической разности на другую, и контакт этих разностей оказывает влияние на устойчивость проходческого забоя. В этих зонах резко изменяется давление на горнопроходческий щит, из-за развитой вблизи нарушений трещиноватости ухудшается состояние пород кровли, часто наблюдается изменение гидрогеологических условий.

Влияние тектонических нарушений изучалось в работах Гзовского М.В., Безродного К.П., Протосени А.Г., Боликова В.Е., Рыбака С.А., Михайлова В.И., и др.

При приближении забоя к нарушениям различного вида возникает напряженно-деформированное состояние, которое в зоне активной геодинамики формируется, в основном, как раз под влиянием самого нарушения. В

частности, в работе Протосени А.Г., Огородникова Ю.Н., Деменкова П.А. [1] показано поле напряженных состояний в призабойной зоне в случае пологого надвига, в зависимости от мощности потолочины.

В работе [2] Безродный К.П., Мацегора А.Г., Бессолов В.А. анализируют специальные способы проходки тектонических нарушений, которые встречались при строительстве Северо-Муйского тоннеля. Отмечается, что в зонах тектонических нарушений, на контактах блоков породы разрушались, измельчались до глинисто-песчано-дресвяного состояния, образуя водопроводящие каналы, по которым циркулируют подземные воды при давлении до 5 МПа на уровне тоннеля. Данный факт говорит об возможной обводненности тектонических разломов (границы блоков) вследствие повышенной трещиноватости. В условиях Санкт-Петербурга чаще встречаются глины в перемятом состоянии. Это связано с тем, что глины пластичны, и, на контакте разлома, вследствие совместных пластических деформаций блоков образуется «перемятая» зона.

Исследование Гзовского М.В. [3] говорит о том, что явно заметно влияние горной выработки на напряженное состояние окружающего ее массива горных пород, ослабленных нарушением, однако с увеличением расстояния от забоя ее влияние постепенно исчезает и дальнейшее увеличение расстояния не сопровождается заметным изменением характеристик напряженного состояния, обусловленного тектоническими процессами. Как показывают его исследования, на противоположных крыльях одного разрыва могут быть встречены противоположные по знаку искажения напряжений.

Факторы, обуславливающие устойчивость забоя горной выработки вблизи тектонического нарушения связаны с горно-геологическими условиями, параметрами самого нарушения и зоны его влияния. Сами тектонические нарушения изменяют гидрогеологический режим. В качестве наиболее распространенных последствий перехода нарушений можно выделить ряд возникающих сопутствующих проблем:

1. Заколы кровли при крупноблочном обрушении. Данная проблема возникает вследствие обнажения участка массива, находящегося в объёмно деформированном состоянии и интенсивно теряющего сцепление с массивом. Объем забоя и его вес зависят как от закономерных особенностей напряженно-деформированного состояния, так и от случайных факторов.

2. При входе подземных работ в зону влияния тектонического нарушения в кровле часто образуются вывалы и купола. Куполение – процесс трудноустраняемый, и, однажды образовавшийся купол, распространяется на соседние участки обделки по мере их входа в зону нарушения. Последствия такого процесса ликвидируются путем нагнетания твердеющего раствора специального состава. Участки крепи становятся крайне неустойчивыми, поскольку нарушается схема взаимодействия обделки с массивом, и она перестает работать по контактной схеме взаимодействия.

Неустойчивость крепи забоя в таком случае обусловлена интенсивным перемещением потерявших сплошность пород. При подходе к нарушению из-за снижения прочности боковых пород увеличивается отжим пород от забоя, а также возрастает горное давление по границам зоны тектонического нарушения.

3. Наличие крупных твердых включений в массиве глин может привести к выходу из строя проходческих машин.

Формирование геологических условий Санкт-Петербурга рассматривают на фоне особенностей структурно-тектонических условий. Из данных геологического атласа Санкт-Петербурга известно, что кристаллический фундамент в границах города и области разбит системой региональных тектонических разломов, а также сетью более мелких разрывных нарушений, образуя блочную структуру (рис.1). Активную разломную тектонику фундамента связывают с расположением в зоне влияния двух крупных тектонических структур – Балтийского щита и части Русской плиты. В пределах этой зоны кристаллического фундамента зафиксировано движение блоков относительно друг друга с разной скоростью и интенсивностью в различные периоды геологического времени, в том числе и в современное (четвертичное) время.

Данные факторы указывают на наличие тектонических нарушений в условиях Санкт-Петербурга. [4, 8,9] Однако стоит отметить, что сами нарушения встречаются редко, непосредственно у забоя строящихся подземных сооружений встречаются следствия тектонических нарушений - перемятые глины и прослойки песчаников различной мощности.

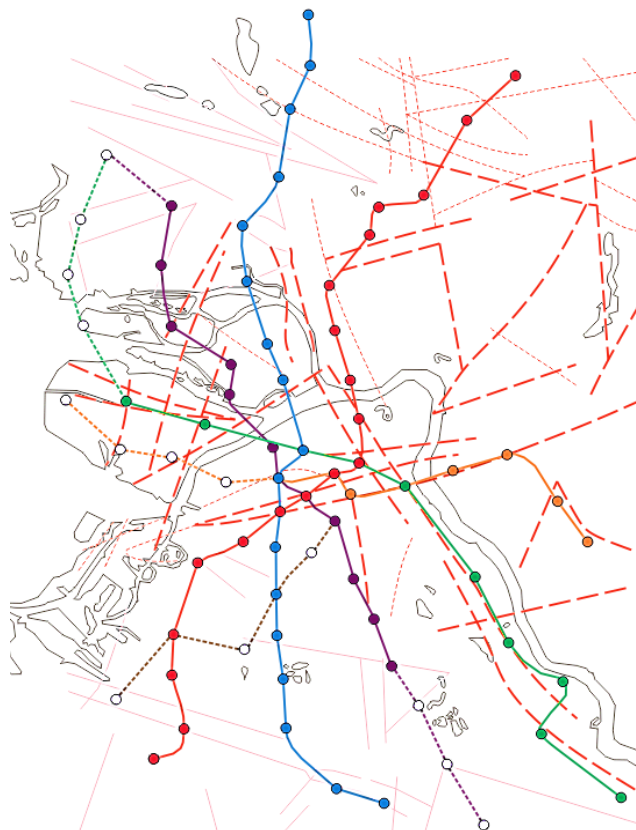


Рис.1. – Структурно-тектоническая схема Санкт-Петербурга (по Л.Г. Кабакову, Е.К. Мельникову, Б.Г. Дверницкому) [4, С. 5], совмещенная с картой перспективного развития метрополитена до 2025 года (официальный сайт Петербургского метрополитена <http://www.metro.spb.ru/fu>)

Оба эти явления по-разному влияют на устойчивость подземного сооружения. В дальнейшем в работе будет рассматриваться случай «перемятого» контакта глинистых блоков. В табл. 1 представлены результаты определения прочности на одноосное сжатие образцов глин, из таблицы видна закономерность изменения прочностных параметров в зависимости от размеров пробы (т.е. в глинистых породах наблюдается масштабный эффект). Следует отметить, что у ненарушенных верхнекотлинских глин этот показатель, как правило, выше, и, составляет в среднем, около 2,4-2,8 МПа. Также выявлено, что в зонах тектонических разломов прочность глин на сжатие снижается в несколько раз. Учитывая значительную глубину заложения подземных сооружений, можно сказать, что забои незакрепленных выработок, пройденных в таком массиве, будут находиться в предельном или неустойчивом состоянии.

Таблица 1 – Влияние масштабного эффекта на прочность глин

	Значение	Площадь образца, см <sup>2</sup>		
		20...26.5	40...48	98
$R_{сж}$ , кПа	Минимальное ... Максимальное	700...920	240...500	1050...1400
	Среднее	810	340	1200
	Число определений	6	7	5

На рис.2 и рис. 3 приведены результаты исследования [4, С.16] сдвиговых параметров коренных глин в различных по глубине зонах, с учетом их трещиноватости. Важно отметить, что структурная микротрещиноватость глинистых пород играет заметную роль в прочности глин.

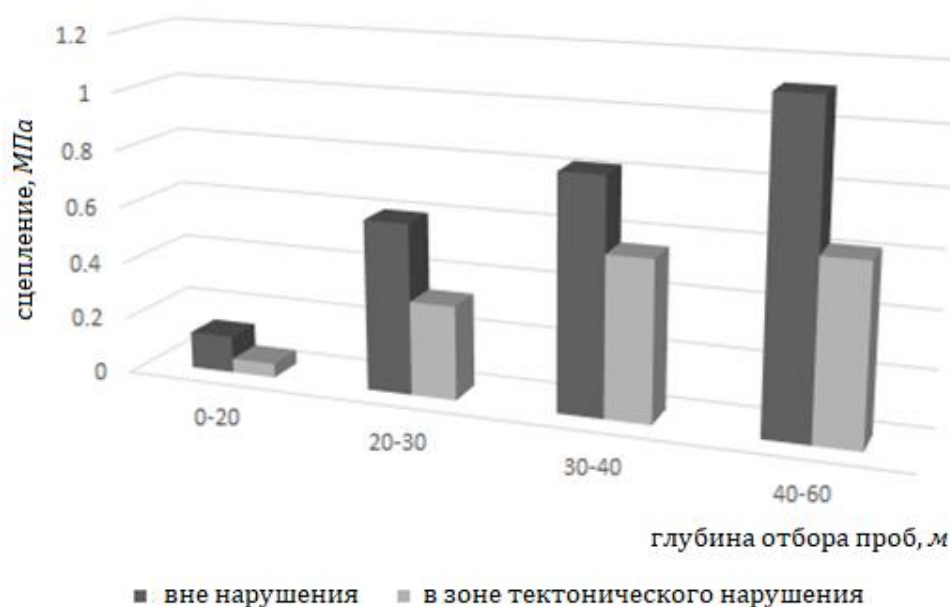


Рис. 2 – Значение сцепления коренных глин в различных по глубине зонах с учетом их трещиноватости

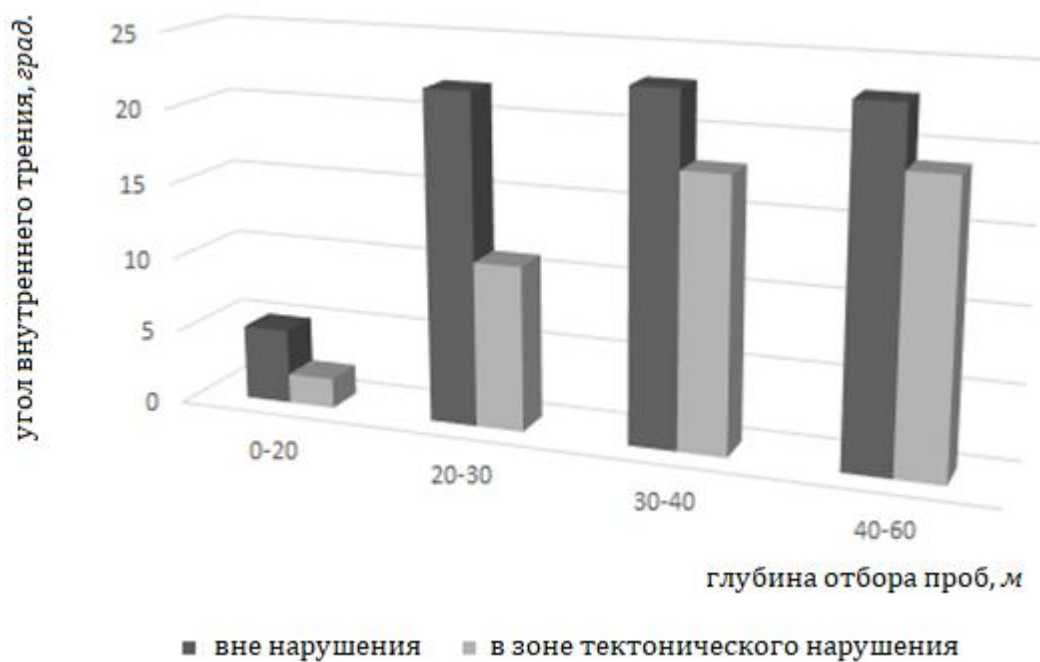
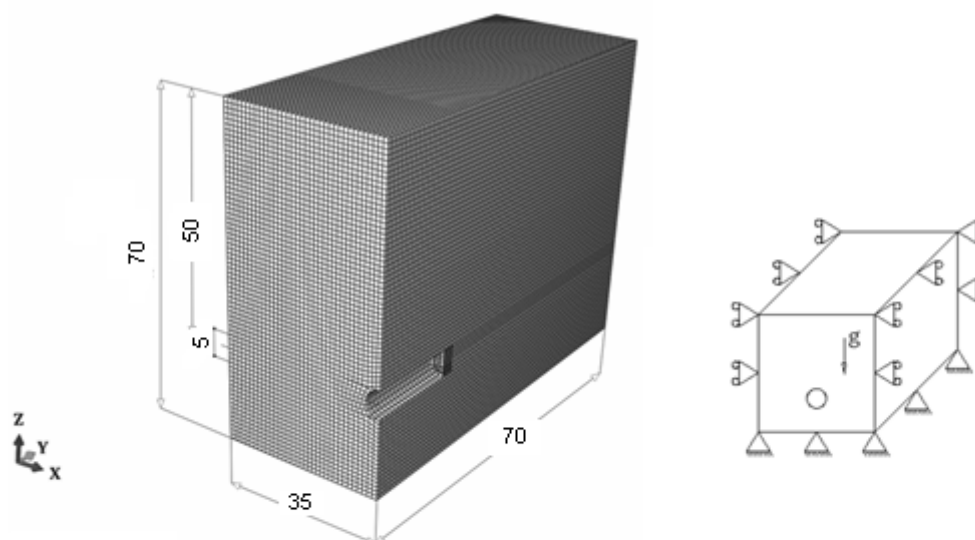


Рис. 3 – Значение угла внутреннего трения коренных глин в различных по глубине зонах с учетом их трещиноватости

Задачами данной работы ставится сравнение напряжённо-деформированного состояния однородного и нарушенного массива. Принципиальные схемы моделей и основные параметры представлены на рис. 4 и рис. 6.



Параметр	Значение	Размерность
Удельный вес	23.50	кН/м <sup>3</sup>
Модуль Юнга	50	МПа
Коэффициент Пуассона	0.32	-
Удельное сцепление	50	кПа
Угол внутреннего трения	9	град.
Угол дилатансии	0.1	град.

Рис. 4 – Принципиальная схема модели ненарушенного массива

Сравним напряженное состояние забоя в однородном массиве и тектонически нарушенном.

При моделировании однородного массива (рис. 4, 5) видно, что в окрестности забоя формируется неустойчивое: деформации происходят в основном за счет сдвиговых напряжений в ядре забоя, формируемых в зоне влияния. Происходит сползание объема призабойных пород в выработку по поверхности скольжения. Ядро забоя «сдвигается» в тоннель под действием сочетания сжимающих и растягивающих напряжений. В шельге свода образуется концентрация сжимающих напряжений вследствие того, что моделирование призабойной зоны производилось без отставания крепления от забоя.

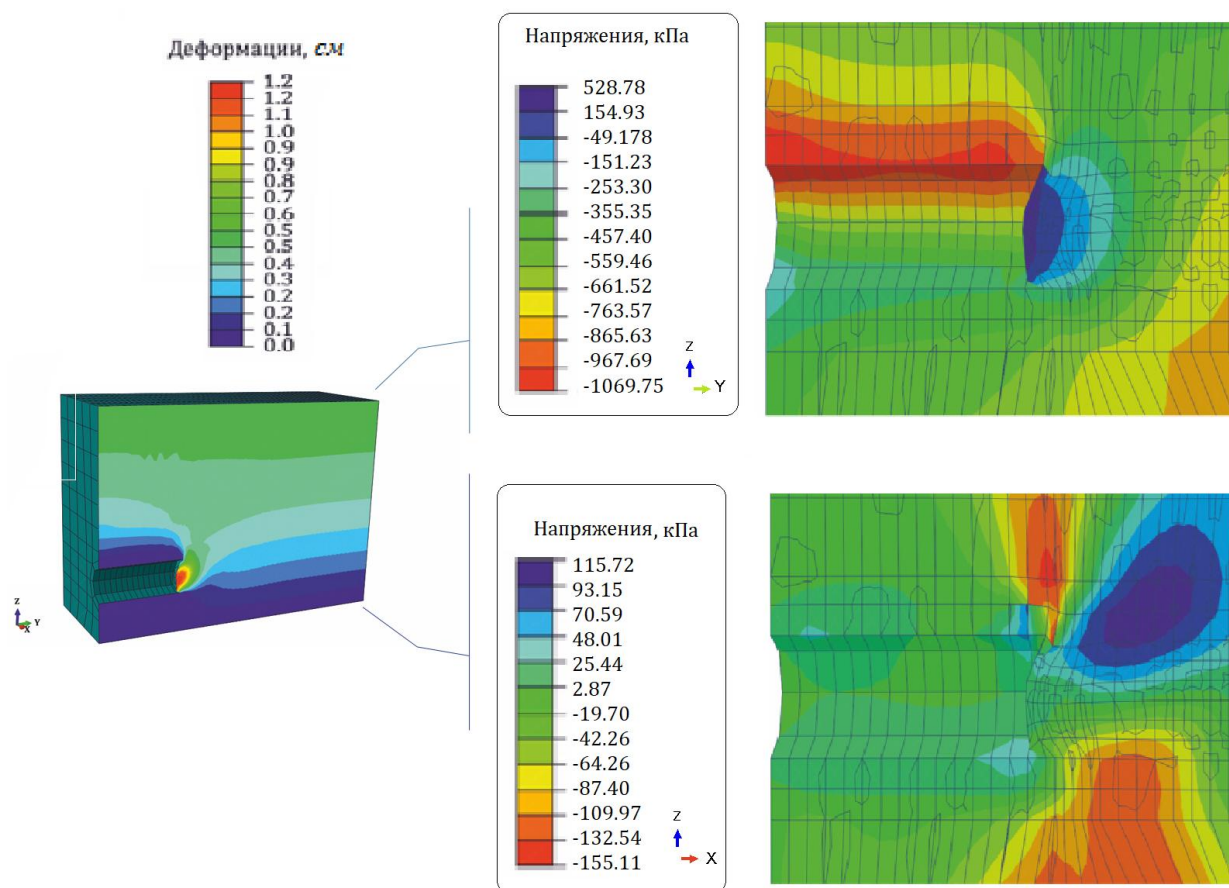
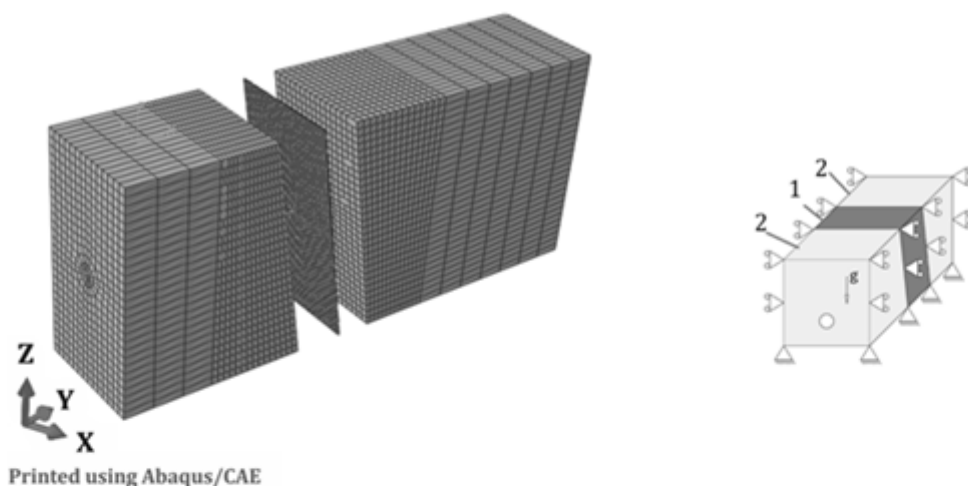


Рис. 5 – Картина формирования напряженного состояния незакрепленного забоя

При математическом моделировании тектонически нарушенного напряженного состояния нетронутого массива горных пород (рис.6, 7), рассмотрим массив как блочную структуру, образованную разрывным нарушением. Так как существенное влияние на напряженное состояние блочного массива горных пород оказывают взаимодействия по контактам блоков, при отсутствии данных о движении блоков на изучаемом участке, необходимо рассматривать максимальные контактные взаимодействия. Ведь встречающиеся перемятые глины есть следствие реализации пластических деформаций непосредственно на контактах блоков, вызванных их относительным перемещением.

Сами блоки задавались как упругопластические, для того, чтобы необратимые пластические процессы были сконцентрированы непосредственно на границе нарушения. Контактное взаимодействие блоков - полное сцепление. [5]





Параметр	Значение 1	Значение 2	Размерность
Удельный вес	23.50	23.50	кН/м <sup>3</sup>
Модуль Юнга	30	50	МПа
Коэффициент Пуассона	0.32	0.32	-
Удельное сцепление	0,03	50	кПа
Угол внутреннего трения	6	9	град.
Угол дилатансии	0.1	0.1	град.

Рис. 6 – Принципиальная схема нарушенного массива

Характер распределения напряжений схож с исследованиями Гзовского М.В. [3], и видно, что с внешней стороны разрыва появляются значительные повышения напряжений, однако различные по знаку напряжения возникают не в пределах одного крыла, а по разным границам нарушения.

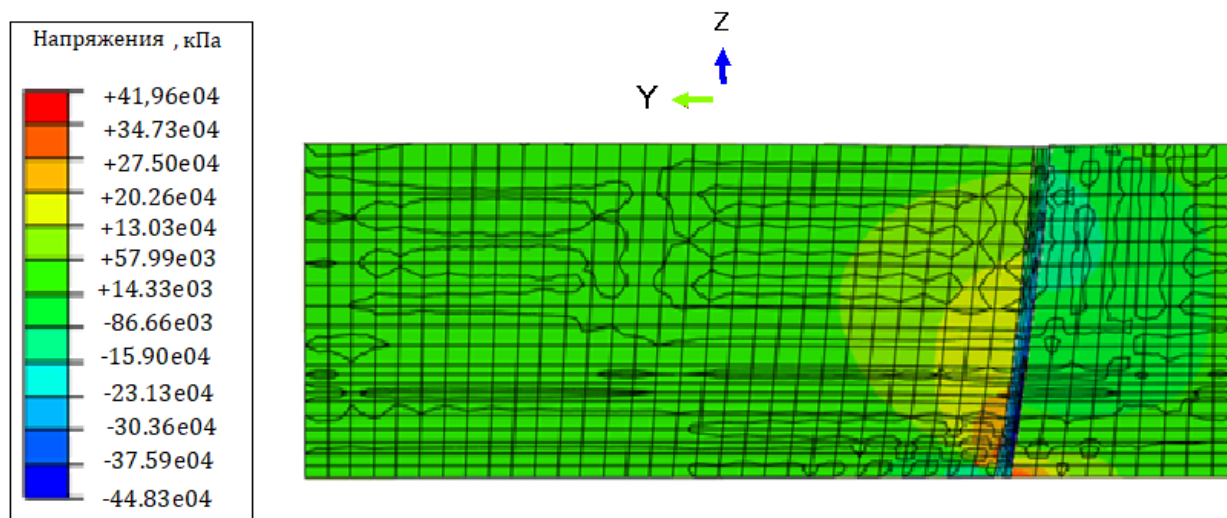


Рис. 7 – Распределение напряжений в плоскости YZ в тектонически нарушенном нетронутым массиве, кПа

Распределение напряжений вокруг выработки, пройденной в неоднородной среде упругих и изотропных пород показали, что в условиях однородной структуры вмещающих пород в кровле выработки появляются растягивающие напряжения, что объясняет обрушение пород кровли, а также снижется коэффициент концентрации напряжений в зоне опорного давления. Однако при математическом моделировании нарушенного массива видно, что деформация



лба забоя происходит со стороны ненарушенного массива, и именно незначительная величина деформаций ненарушенного массива провоцирует значительную величину деформации нарушенного массива (рис.8).

Согласно проведенным испытаниям [4] модуль упругости нарушенных горных пород может отличаться от однородных в 3-4 раза. А для некоторых типов пород и до 7 раз. Поэтому для оценки напряженного состояния модуль упругости пород в зоне разрывных нарушений принимался в полтора раза ниже, чем в окружающем массиве.

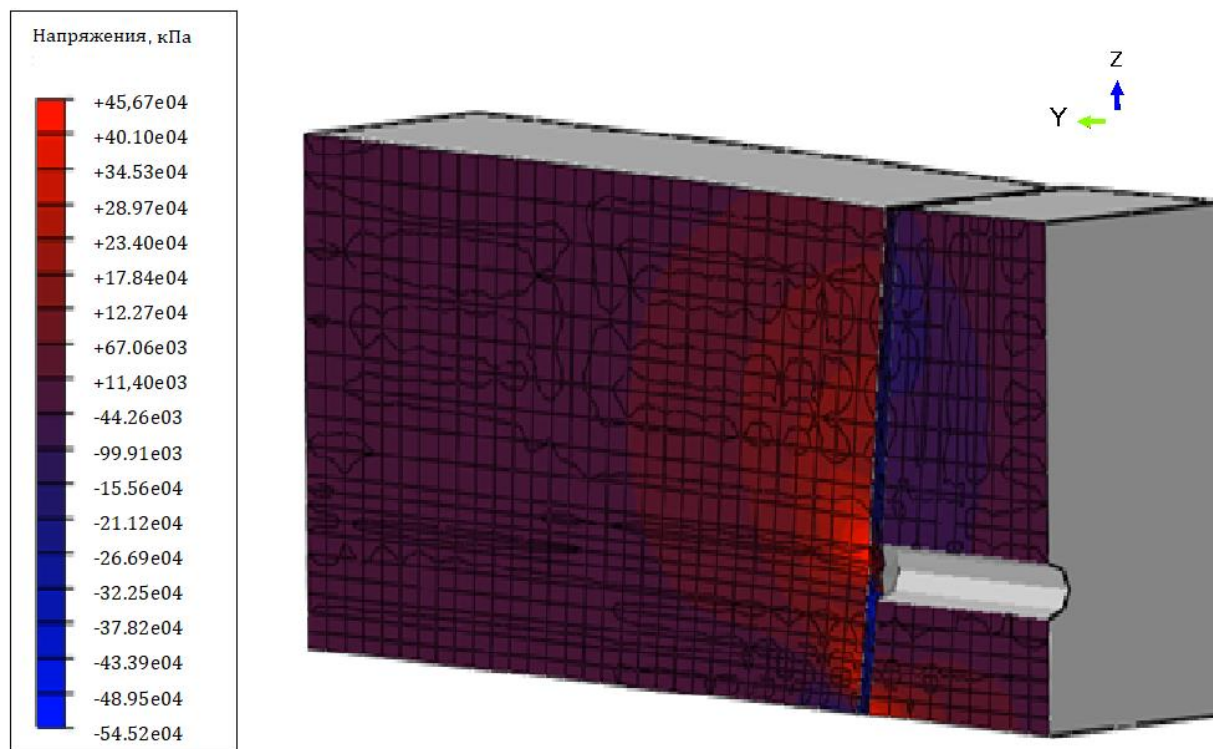


Рис. 8 – Напряжения в забое при подходе к зоне тектонического нарушения, кПа

Стоит отметить, что в статье приводится один из способов учета нарушений, через максимальные контактные взаимодействия по упругопластическим блокам. Сам способ описания массива тектонической нарушенностью посредством отдельного блока, с отличными от остального массива характеристиками, вероятно, является наиболее оптимальным. В тоже время, в части способов описания контактов блоков и учета их движения, возникает целый ряд возможных вариантов, ввиду нелинейности процессов, происходящих на контакте. Для выбора лучшего способа и точности модели, в первую очередь, необходимо отталкиваться от полученных натурных данных по конкретному геологическому нарушению.

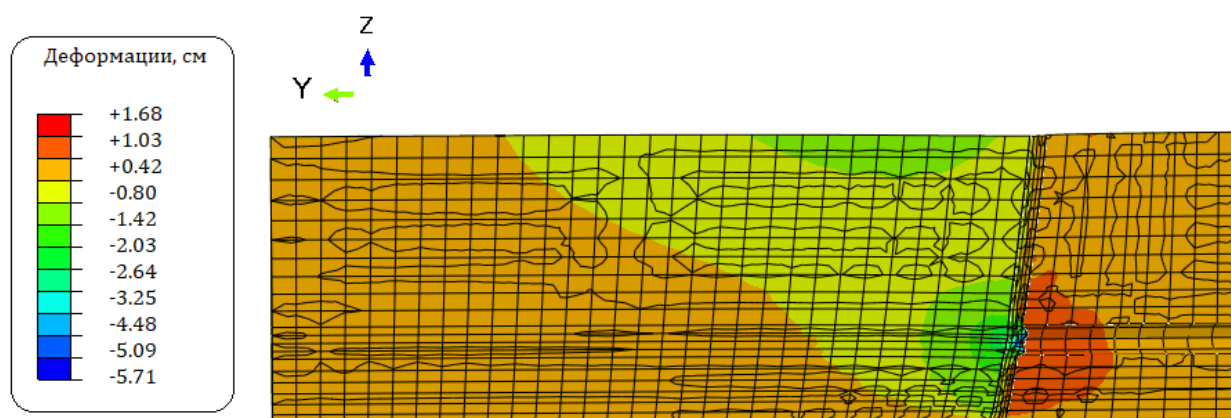


Рис. 9 – Деформации забоя при подходе к нарушению

Таким образом, проведенная работа приводит доводы о необходимости проведения специальных мер при пересечении проходкой зон с тектоническими нарушениями. Сегодняшним вариантом учёта нарушений, в соответствии с [6] на этапе проектирования подземных сооружений является рассмотрение тектонического нарушения в качестве проектного сценария. В таком случае требуется большая достоверность инженерно-геологических изысканий в зоне нарушений, далее на основе проведенных изысканий создание геомеханических моделей, аналогично приведенной в работе. По анализу данных, полученным из модели необходимо предусмотреть меры о необходимости особого внимания к данным зонам. Также, при ручном способе проходке возможно устройство конструкции временной крепи, отличной от применяемой в ненарушенной зоне тоннеля.

### Заключение

Разрывные нарушения способствуют формированию неустойчивого состояния массива. Именно на участках нарушенного массива происходит резкое изменение напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Максимальные деформации незакрепленного забоя, по результатам моделирования, в приведенных случаях будут отличаться в 5 раз. (рис. 5, рис.9). Напряженное состояние тектонически нарушенного массива зависит от напряженного состояния окружающего ненарушенного массива, а при возведении тоннеля изменяется под влиянием ненарушенного массива, воздействующего на пластически деформированные границы нарушения.

В дальнейших работах авторы предполагают исследовать влияние взаимно перпендикулярно пересекающихся нарушений на устойчивость проходческого забоя.

### Список литературы / References

1. Протосеня А.Г. Механика подземных сооружений. Пространственные модели и мониторинг [Текст] / А.Г. Протосеня и др. – СПб.: СПГУ-МАНЭБ, – 2011. – 355 с.
2. Безродный П., Мацегора Г., Бессолов. Анализ специальных способов преодоления зон тектонических разломов // Сборник научных трудов. Методы искусственной стабилизации грунтов при строительстве Северо-Муйского тоннеля. – Москва. – 1990. – 157 с.
3. Гзовский М.В. Современные возможности оценки тектонических напряжений в земной коре // Тектонофизика и механические свойства горных пород, – Москва. – 1971. – С. 5-37.
4. Дашко, Р. Э. Особенности инженерно-геологических условий Санкт-Петербурга/ Р. Э. Дашко, О. Ю. Александрова, П. В. Котюков и др. // Развитие городов и геотехническое строительство. – 2011. – №1. – С. 1-47.
5. Методические рекомендации по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам // федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. от 23 мая 2013 года N 216. – URL: <http://enis.gosnadzor.ru/activity/control/geology/> (дата обращения: 23.Январь.2017).
6. СП 248.1325800.2016 «Сооружения подземные. Правила проектирования» (Приказ Минстроя России от 16 июня 2016 г. № 416/пр)
7. ВСН 190-78 Инструкция по инженерно-геологическим изысканиям для проектирования и строительства метрополитенов, горных железнодорожных и автодорожных тоннелей // Минтрансстрой от 01 октября 1978 года. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006793>. (дата обращения: 23.Январь.2017).
8. Ядута В.Я. Новейшая тектоника Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Минерал. – 2006. – №1. – С. 28-35.
9. Ауслендер В.Г. Новое в геологии Санкт-Петербурга/ Ауслендер В.Г., Яновский А.С., Кабаков Л.Г. и др. // Минерал. – 2002. – №1. – С. 51-58.
10. Broere W. Tunnel Face Stability & New CPT Applications [Текст] / DUP Science. – The Netherlands. – 2001. – p. 194.

### Список литературы на английском языке / References in English

1. Protosenya, A. G. Mehanika podzemnyh sooruzhenij. Prostranstvennye modeli i monitoring [Mechanics of underground structures. Spatial models and monitoring] / A. G. Protosenya and others – SPb.: SPGU-MANEB, 2011. – 355 P. [in Russian]
2. Bezrodnyj P., Macegora G., Bessolov. Analiz special'nyh sposobov preodolenija zon tektonicheskikh razlomov [The analysis of the special ways of overcoming the zones of tectonic faults] // Sbornik nauchnyh trudov. Metody iskusstvennoj stabilizacii gruntov pri stroitel'stve Severo-Mujskogo tonnelja [Collection of scientific works. Methods artificial soil stabilization in the construction of the North Muya tunnel], – Moscow. – 1990. – 157 p. [in Russian]
3. Gzovskij M.V. Sovremennye vozmozhnosti ocenki tektonicheskikh naprjazhenij v zemnoj kore [The modern way of assessing the tectonic stresses in the earth's crust] // Tektonofizika i mehanicheskie svojstva gornyh porod [Tectonophysics and mechanical properties of rocks], – Moscow. – 1971. – P. 5-37. [in Russian]
4. Dashko, R. Je. Osobennosti inzhenerno-geologicheskikh uslovij Sankt- Peterburga [Features of engineering-geological conditions of Saint - Petersburg ] / R. Je. Dashko, O. Ju. Aleksandrova, P. V. Kotjukov and others. // Razvitie gorodov i geotekhnicheskoe stroitel'stvo [The development of cities and geotechnical construction]. – 2011. – №1. – P. 1-47. [in Russian]
5. Metodicheskie rekomendacii po ocenke sklonnosti rudnyh i nerudnyh mestorozhdenij k gornym udaram [Guidelines for the assessment of the tendency of ore and nonmetallic deposits by mining strikes ] // federal'naja sluzhba po jekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru. [ the Federal service for ecological, technological and nuclear supervision. on may 23, 2013 N 216.] – URL: <http://enis.gosnadzor.ru/activity/control/geology/> [accessed: 23.Jan.2017]. [in Russian]
6. SP 248.1325800.2016 «Sooruzhenija podzemnye. Pravila proektirovanija» [The construction of underground. Design rules] [Order of the Ministry of construction dated 16 July, 2016 No. 416/PR] [in Russian]
7. VSN 190-78 Instrukcija po inzhenerno-geologicheskim izyskanijam dlja proektirovanija i stroitel'stva metropolitenov, gornyh zheleznodorozhnyh i avtodorozhnyh tonnelej [BCH 190-78 manual on engineering-geological surveys for design and construction of underground Railways, mountain train and road tunnels] // Mintransstroj ot 01 oktjabrja 1978 goda. [The Ministry of construction dated 01 October 1978.] – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006793> [access: 23.Jan.2017] [in Russian]
8. Jaduta V.Ja. Novejšhaja tektonika Sankt-Peterburga i Leningradskoj oblasti [Neotectonics of St. Petersburg and Leningrad region ]// Mineral. – 2006. – №1. – P. 28-35.
9. Auslender V.G. Novoe v geologii Sankt-Peterburga [New in the Geology of Saint-Petersburg ] / Auslender V.G., Janovskij A.S., Kabakov L.G. and others // Mineral. – 2002. – №1. – P. 51-58. [in Russian]
10. Broere W. Tunnel Face Stability & New CPT Applications [Текст] / DUP Science. – The Netherlands. – 2001. – p. 194.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.032>Арет В.А.<sup>1</sup>, Мещанинов А.В.<sup>2</sup>, Руднев С.Д.<sup>3</sup><sup>1</sup>Доктор технических наук, «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»,<sup>2</sup> аспирант, «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0003-2506-6121, Доктор технических наук, «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)»**МЕТАРЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОУПРУГИХ СВОЙСТВ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

*При хранении хлеба в обычных температурных условиях (15–25° С) через 8–10 ч появляются признаки черствения, усиливающиеся при дальнейшем хранении. Мякиш при этом теряет эластичность, становится жестким и крошащимся, ухудшается вкус и снижается аромат хлеба, свойственные свежему изделию. Хрупкая после выпечки корка превращается в мягкую, эластичную и иногда морщинистую. Очерствение вызывается в основном изменением структуры крахмала при хранении хлеба. Клейстеризованный в процессе выпечки крахмал с течением времени выделяет поглощенную им влагу и переходит в прежнее состояние, характерное для крахмала муки. Крахмальные зерна при этом уплотняются и значительно уменьшаются в объеме, между ними образуются воздушные прослойки. Поэтому черствеющий мякиш становится крошковатым. Свободная влага, выделенная крахмалом, при очерствении хлеба впитывается белками и частично испаряется, а также остается в образовавшихся воздушных прослойках.*

**Ключевые слова:** хлеб; хранение; крахмал; влага; очерствение.Aret V.A.<sup>1</sup>, Meshchaninov A.V.<sup>2</sup>, Rudnev S.D.<sup>3</sup><sup>1</sup>PhD in Engineering, "Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics",<sup>2</sup>Postgraduate Student, "Saint Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics",<sup>3</sup>ORCID: 0000-0003-2506-6121, PhD in Engineering, "Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University)"**METEOROLOGICAL STUDY OF VISCO-ELASTIC PROPERTIES OF BAKERY PRODUCTS****Abstract**

*If you store bread under ordinary temperature conditions (15-25°C) signs of staling will appear in 8-10 hours, which increases with further storage. The crumb loses its elasticity, becomes hard and crumbly, deteriorates the taste and reduces the flavour of bread, characteristic of a fresh product. The crust which is usually fragile after baking becomes soft, elastic and sometimes wrinkled. Staleness is caused mainly by a change in the structure of starch while storing bread. Gelatinized starch releases the moisture in the process of baking absorbed by it over time and passes to the previous state, characteristic of flour starch. Starchy grains are compacted and significantly reduced in volume, air layers are formed between them. Therefore, the hardening crumb becomes crumbly. Free moisture released by starch, when bread becomes stale, is absorbed by proteins and partially evaporates and remains in the formed air layers.*

**Keywords:** bread; storage; starch; moisture; staleness.

Исследованиями, проведенными в МТИППе (ныне МГУПП) [1], а также в других вузах страны [2], [3], [4], [5], [6], [7], было установлено, что биополимеры, составляющие основу продукта (белки и крахмал), подвергнутые температурной обработке, физико-химическим и биохимическим превращениям не являются стабильными, а продолжают свою трансформацию, что приводит к изменению потребительских свойств. Такие изменения с достаточной точностью могут быть зафиксированы методами инженерной физико-химической механики (реологии). Исследования в этой области знаний неисчерпаемы и всегда представляют как научный, так и практический интерес. Нельзя не отметить достижения таких ученых как Б.М. Азаров, А. В. Горбатов, А. М. Маслов, Ю. А. Мачихин и С. А. Мачихин, Рогов И. А., Урьев Н. Б. и других в развитии реологии пищи.

Одним из сложнейших процессов в пищевой промышленности является очерствение хлеба. Процесс очерствения хлеба по своей природе является весьма сложным, комплексным и неоднозначным. Кроме того, он напрямую связан с экономикой такой крупной отрасли народного хозяйства как хлебопечение.

После выпечки и охлаждения в нормальных условиях хранения в структуре хлеба происходят процессы, обратные тем, что протекали при выпечке. Трансформируется как белковая, так и крахмальная составляющие мякиша. Но белковая составляющая ретроградирует в 4 – 6 раз медленнее крахмальной. Тогда как последняя в 5 - 6 раз превышает по содержанию белковую. Именно трансформация крахмала и определяет процесс очерствения. Причем потеря влаги, даже незначительная, ускоряет процесс. Важным является и соблюдение технологических параметров процессов приготовления хлеба: степень интенсивности замеса опары и теста, время брожения и расстойки. Если все технологические параметры соблюдены, то, как показывают экспериментальные исследования, процесс очерствения протекает медленнее. Но важнейшими являются условия хранения готовых изделий. Применяют различные способы продления свежести хлеба: повышенная температура и влажность, соединение с полупроницаемой мембранной упаковкой, замораживание и пр.

Целью проведенных нами исследований являлось выявление важнейших факторов и параметров хранения, определяющих скорость очерствения.

Исследовалось влияние процессов очерствения на реологические свойства хлеба, в частности – обратную деформацию. Для этого был сконструирован прибор оригинальной конструкции. Действительная схема этого изобретения имеет следующий вид. В качестве объектов исследований были выбраны четыре хлебобулочных изделия с начальной массой 40 г каждое (далее объекты №1, №2, №3 и №4 соответственно). На момент начала опытов объектам было 3.5 часа. Масса каждого уменьшилась до 34 г. Объект №1 был измерен сразу. В качестве нагрузки был

использован груз массой 1322 г. Деформация объекта №1 фиксировалась на видеоустройство в режиме реального времени по перемещению луча лазерного устройства вдоль шкалы за определенный промежуток времени.

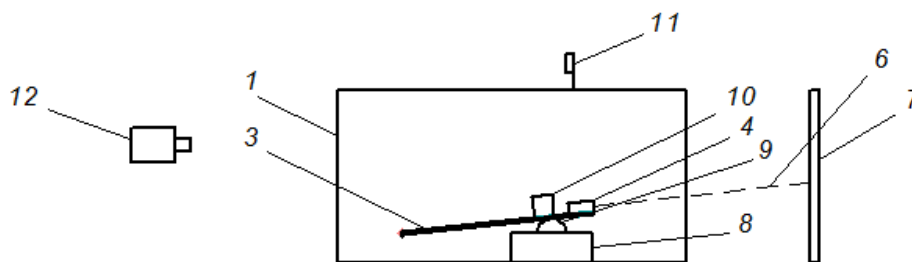


Рис. 1 – Принципиальная схема изобретения (вид сбоку): 1-корпус; 3-металлическая планка; 4-лазерное устройство; 6-лазерный луч; 7-измерительная шкала; 8-подпорка; 9-хлебобулочное изделие; 10-груз (г); 11-противовес; 12-видеоустройство

Затем, груз был удален, и была зафиксирована обратная деформация объекта. Объект №2 оставили при комнатной температуре. Объект №3 был помещен в холодильную камеру. Объект №4 был помещен в морозильную камеру. На следующий день объекты №2, №3 и №4 так же были подвергнуты исследованию на обратную деформацию, по результатам исследований были составлены графики.

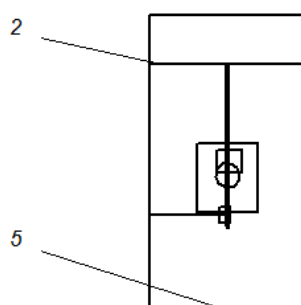


Рис. 2 - Принципиальная схема изобретения (вид сверху): 2-ось; 5-глубокое отверстие во фронтальной части корпуса

По результатам исследований были составлены графики зависимости перемещения (H) от времени (t) для всех четырех объектов.

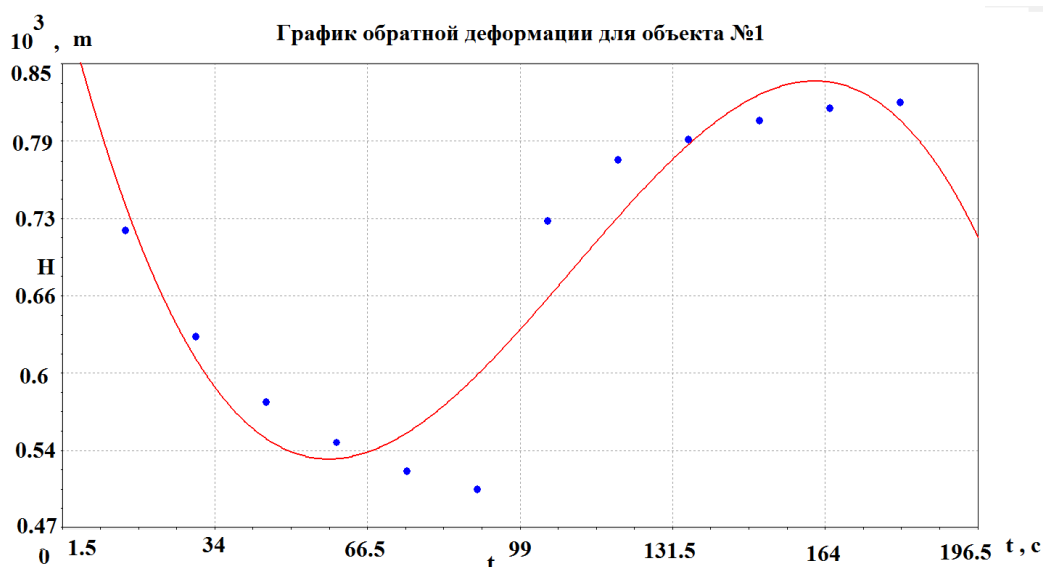


Рис. 3 – График обратной деформации для объекта №1

Как видно на графике, объект №1 обладал сильной, глубокой деформацией. Объекту №1 на момент исследования было 3.5 часа, следовательно, объект №1 обладал яркой обратной деформацией и практически полностью восстановил свою первоначальную форму.

Эмпирическая формула для данного графика имеет следующий вид:

$$H = a + bt + ct^2 + dt^3 + \dots, \quad (1)$$

где эмпирические коэффициенты  $a = 9.34$ ,  $b = -1.57$ ,  $c = 1.84$ ,  $d = -5.5$ , коэффициент корреляции  $r = 0.94$ , среднеквадратичное отклонение  $H = 0.04$

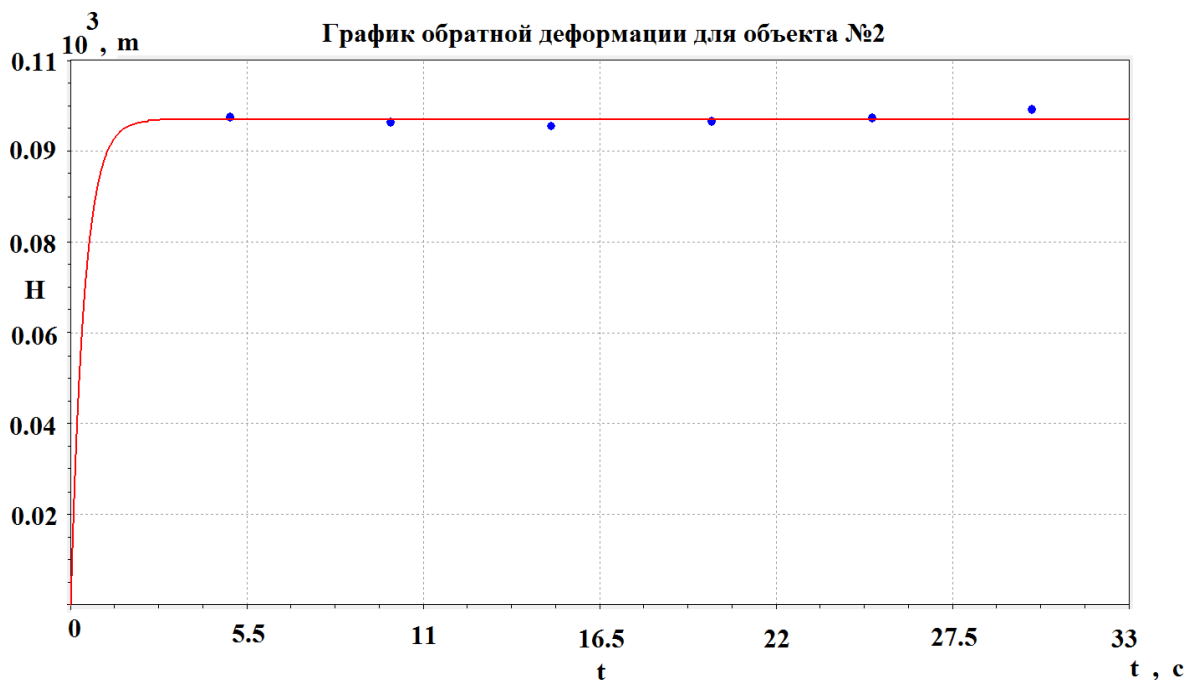


Рис. 4 – График обратной деформации для объекта №2

Как видно на графике, деформация у объекта №2 практически отсутствовала. На момент эксперимента объекту №2 было 26 часов. За это время масса объекта №2 уменьшилась с 34 г до 32 г. Хранение при комнатной температуре усилило очерствение таким образом, что объект №2 практически утратил способность к обратной деформации. Эмпирическая формула для данного графика имеет следующий вид:

$$H = a(1 - e^{-bt}), \quad (2)$$

Где эмпирические коэффициенты  $a = 1$  и  $b = 2.37$

коэффициент корреляции  $r = 0.99$ , среднеквадратичное отклонение  $H = 0.001$

График демонстрирует неглубокую, но плавную деформацию. Обратная деформация объекта №3 так же плавная – объект восстанавливает часть своей первоначальной формы. Объекту №3 на момент эксперимента было 26.5 часов, и его масса уменьшилась до 32 г. Поскольку объект №3 хранился в холодильной камере, он не утратил своих вязкоупругих свойств.

Эмпирическая формула для данного графика имеет следующий вид:

$$H = ab^t t^c \quad (3)$$

где эмпирические коэффициенты  $a = 1.11$ ;  $b = 1$ ;  $c = -6.5$ , коэффициент корреляции  $r = 0.94$ , среднеквадратичное отклонение  $H = 0.005$

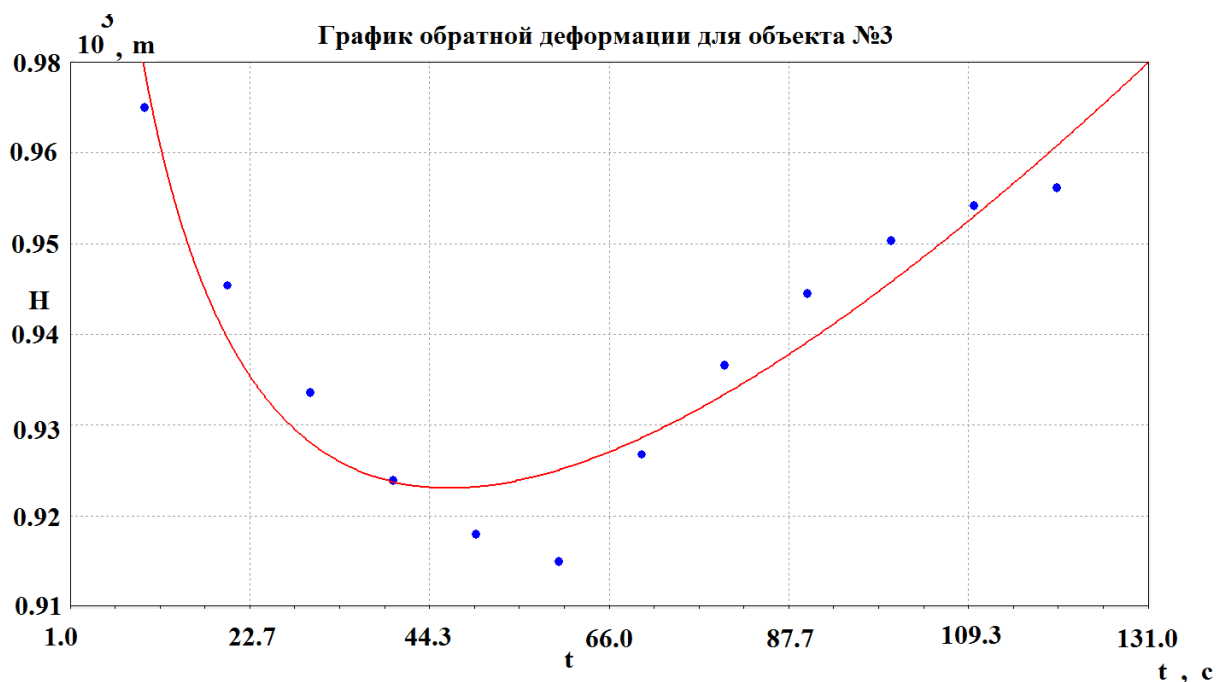


Рис. 5 – График обратной деформации для объекта №3

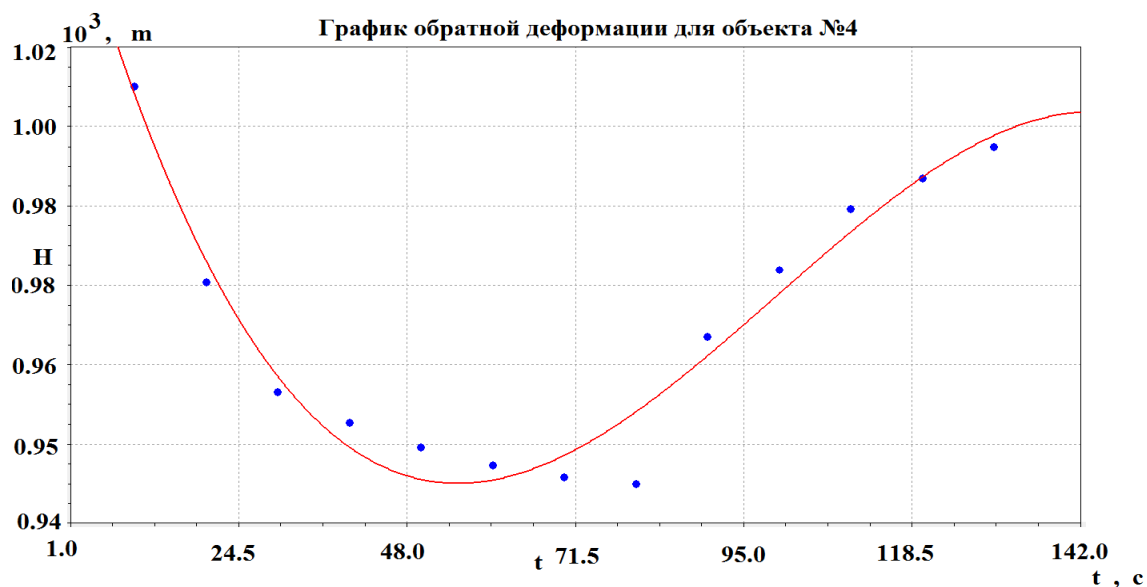


Рис. 6 – График обратной деформации для объекта №4

На данном графике представлена деформация объекта №4. Хранение в морозильной камере, увеличило объем объекта, а вес остался неизменным (34 г). Деформация объекта №4 схожа с деформацией объекта №3, но выражена более ярко. Обратная деформация так же была схожа с объектом №3, хранившимся в холодильной камере.

Эмпирическая формула для данного графика имеет следующий вид:

$$H = a + bt + ct^2 + dt^3 + \dots, \quad (4)$$

где эмпирические коэффициенты  $a = 1.04$ ;  $b = -4.17$ ;  $c = 5.24$ ;  $d = -1.75$ , коэффициент корреляции  $r = 0.97$ , среднеквадратичное отклонение  $H = 0.005$

Полученные экспериментальные данные с подробным описанием объектов были занесены в таблицы.

Таблица 1 – Результаты измерений

№ опыта	t(с)	H(мм)	Описание состояния объекта (№ объекта, свойства и время хранения)
1	0-90 (деформация) 90-180 (обратная деформация)	0.537 (деформация) 0.317 (обратная деформация)	Объект №1 (вес 34 г, время хранения 3.5 ч)
2	0-15 (деформация) 15-30 (обратная деформация)	0.047 (деформация) 0.035 (обратная деформация)	Объект №2 (вес 32 г, время хранения 26 ч при комнатной t)
3	0-60 (деформация) 60-120 (обратная деформация)	0.143 (деформация) 0.042 (обратная деформация)	Объект №3 (вес 32 г, время хранения 26.5 ч в холодильной камере, 3.5 ч на производстве)
4	0-80 (деформация) 80-130 (обратная деформация)	0.155 (деформация) 0.055 (обратная деформация)	Объект №4 (вес 34 г, время хранения 27.5 ч в морозильной камере, 3.5 ч на производстве)

Таблица 2 – Подробное описание объектов

№ объекта	Полное описание (вид, время хранения)	Вес до	Вес после
1	Булочка 40 г Время хранения 3.5 ч с момента выпекания	34	34
2	Булочка 40 г Время хранения 26 ч при комнатной t, 3.5 ч на производстве	34	32
3	Булочка 40 г Время хранения 26.5 ч в холодильной камере, 3.5 ч на производстве	34	34
4	Булочка 40 г Время хранения 27.5 ч в морозильной камере, 3.5 ч на производстве	34	32

Тактильная органолептическая оценка, адекватно отражающая вязко-упругие свойства вещества проводилась восемью оценщиками, которым было предложено оценить свежесть и эластичность образцов по 5-бальной шкале. Такие исследования классифицируются как метареологические и психореологические [8]. Оценка «5» соответствовала образцу свежему, эластичному, с ярко выраженной обратной деформацией. Оценка «0» - образец черствый, не имеющий обратной деформации. В результате оценки эксперты не сошлись во мнениях по образцам № 1, 3, 4, но единодушно признали образец №2 очерствевшим и не имеющим обратной деформации.

Кроме черствости, дегустаторы оценивали еще два органолептических параметра, которые в этой статье не обсуждаются. В результате органолептической оценки дегустаторами образцов хлеба было получены три матрицы оценок следующего вида, приведенные в таблице 3. Все совокупное множество органолептических экспериментальных данных представляет собой нечеткое множество, для обработки которых можно использовать теории американского профессора азербайджанского происхождения Лотифа Заде [9] и численные методы в программе Маткад [10].

Таблица 3 – Результаты тактильного опыта

Обозначение матриц	Показатели	Средние арифметические величины показателей группы экспертов						
$\mu 1$ -матрица ингредиента 1	Содержание мг/100 г, а	20	21.4	23	25	27.2	28.6	30
	Средние оценки экспертов	0.12	0.32	0.68	0.88	0.82	0.38	0.06
$\mu 2$ -матрица ингредиента 2	Содержание мг/100 г, b	10	11.7	13.4	15	16.7	18.4	20
	Средние оценки экспертов	0	0.33	0.65	1	0.63	0.32	0
$\mu 3$ -матрица тактильной оценки	Время хранения в часах, h	0,5	3	12	24	48	72	96
	Средние оценки черствости экспертов	1	1	1	1	0.64	0.35	0

Мнения экспертов представляли собой степень принадлежностей: вкусно -1, почти вкусно -0.8, не очень вкусно – 0.3, невкусно – 0, а свежий - 1, довольно свежий - 0,8, черствоватый – 0,3, черствый - 0. Поскольку экспертов 8 человек, то их оценки отличаются и в таблице уже приведены математические ожидания оценок экспертов. Для матрицы оценок  $\mu 1$  применим функцию принадлежности в виде нормального закона распределения и программу Matcad 14. В обозначениях программы:

$$\mu g(g, A1, B1) = \exp[-A1 \cdot (B1 - g)^2], \quad (5)$$

где g – содержание ингредиента 1 в таблице,

A1 – статистическая дисперсия строки g в таблице,

B1 – среднее арифметическое строки g в таблице.

Расчет дал величины B1=25.029, A1=0.083.

Эксперименты по обратной деформации позволяют определить способность хлебобулочных изделий восстанавливать свою форму в зависимости от сроков и условий хранения. Так же, благодаря тактильному опыту, можно сопоставить мнение группы оценщиков с показателями изобретения для метареологических исследований, и в дальнейшем, определить оптимальные условия производства и хранения хлебобулочных изделий. Разнообразие эмпирических формул и неясность физико-химической природы эмпирических коэффициентов побуждают к поиску обобщенной модели очерствения и связи этой модели с процессами и аппаратами производства исследуемых объектов.

#### Список литературы / References

1. Азаров Б. М. Инженерная реология пищевых производств / Б. М. Азаров, В. А. Арет. – М.: МТИПП, 1978. – 112 с.
2. Арет В. А. Физико-механические свойства сырья и готовой продукции. Учебное пособие. // В. А. Арет, Б. Л. Николаев, Л. К. Николаев. — СПб.: ГИОРД, 2009. — 448 с.
3. Доня Д. В. Инженерная реология. Учебное пособие / Д. В. Доня, А. А. Леонов. – Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2008. – 123 с.
4. Арет В. А. Реология и физико-механические свойства материалов пищевой промышленности. Учебное пособие / В. А. Арет, С. Д. Руднев. — СПб.: ИЦ Интермедия, 2014. — 252 с.
5. Ибрагимов И. Е. Реология пищевого сырья, продуктов, полуфабрикатов. Конспект лекций / И. Е. Ибрагимов. – М.: Экон-Информ, 2010. – 144 с.
6. Реология. Краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии / Сост.: Н. Л. Моргунова // ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2014. – 52 с.
7. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов / Н.Б. Урьев // М.: Химия, 1988. 256 с.
8. Scott Blair G. Psychorheology / Scott Blair G // Journal of Texture Studies. – 1974. – Vol. 5. – P. 3 – 12.
9. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
10. Яньков В.Ю. Лабораторный практикум по Маткаду. Модуль 3. Моделирование в Маткаде / В.Ю. Яньков. – М.: МГУТУ, 2009. – 68 с.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Azarov B. M. Inzhenernaya reologiya pischevyh proizvodstv [Engineering rheology of food production] / B. M. Azarov, V. A. Aret. – М.: МТИПП, 1978. – 112 p. [in Russian]
2. Aret V. A. Fiziko-mekhanicheskie svoystva syr'ya i gotovoj produkci. Uchebnoe posobie [Physico-mechanical properties of raw materials and finished products. Textbook.] / V. A. Aret, B. L. Nikolaev, L. K. Nikolaev. – SPb.: GIOR, 2009. – 448 p. [in Russian]
3. Donya D. V. Inzhenernaya reologiya. Uchebnoe posobie [Engineering rheology. Tutoria] / D. V. Donya, A. A. Leonov/ – Kemerovo technological Institute of food industry. Kemerovo, 2008. – 123 p. . [in Russian]
4. Aret V. A. Reologiya i fiziko-mekhanicheskie svoystva materialov pishchevoy promyshlennosti. Uchebnoe posobie [Rheology and physico-mechanical properties of the materials of the food industry. Textbook] / V. A. Aret, S. D. Rudnev/ – SPb.: Its Interlude, 2014. – 252 p. [in Russian]



5. Ibragimova I. E. Reologiya pishchevogo syr'ya, produktov, polufabrikatov. Konspekt lekciy [Rheology of food materials, products, semi-finished products. The abstract of lectures] / I. E. Ibragimova. – Moscow: Ekon-Inform, 2010. – 144 p. [in Russian]
6. Reologiya. Kratkiy kurs lekciy dlya aspirantov napravleniya podgotovki 19.06.01 Promyshlennaya ehkologiya i biotekhnologii [Rheology. A short course of lectures for graduate students of direction of training 19.06.01 Industrial ecology and biotechnology] / Comp.: N. L. Morgunova // FGBOU VPO "Saratov state agrarian UNIVERSITY". – Saratov, 2014. – 52 p. [in Russian]
7. Ur'ev N.B. Fiziko-himicheskie osnovy tekhnologii dispersnyh sistem i materialov [Physico-chemical bases of the technology of disperse systems and material] / N. B. Uriev. – M.: Chemistry, 1988. 256 p. [in Russian]
8. Scott Blair G. Psychorheology [Psychorheology] / Scott Blair, G // Journal of Texture Studies. – 1974. – Vol. 5. – P. 3 – 12. [in USA]
9. Zade L. Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ee primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh resheniy [The concept of a linguistic variable and its application to the adoption of approximate solutions] / L. Zadeh. – M.: MIR, 1976. – 165 p. [in Russian]
10. YAn'kov V.YU. Laboratornyy praktikum po Matkadu. Modul' 3. Modelirovaniye v Matkade [Laboratory Matkade. Module 3. Modeling in Matkade] / MSUTM. – M., 2009. – 68 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.037>

Асатрян А.А.<sup>1</sup>, Ясьян Ю.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Главный специалист по системам менеджмента технического отдела, соискатель кафедры технологии нефти и газа института нефти, газа и энергетики, Кубанский государственный технологический университет.

ООО «РН-Туапсинский НПЗ», г. Туапсе

<sup>2</sup>профессор, доктор технических наук

«Кубанский государственный технологический университет», Институт нефти, газа и энергетики, г. Краснодар

#### АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СМЕСЕЙ НЕФТЯНОГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

*Аннотация*

*Рассмотрены варианты смесей нефтяного сырья из разных месторождений: Западно-Сибирское, Червленая, Новосергиевская, Зайкинская, Сорочинская. Предлагается пять модельных вариантов смесей с различным процентным соотношением, исходя из плотности нефтяного сырья. С помощью современного программного обеспечения получено предположительное распределение получаемых фракций при первичной переработки на нефтеперерабатывающем заводе. Проведен анализ предположительного выхода светлых фракций из модельных смесей.*

**Ключевые слова:** нефть, светлые фракции, плотность.

Asatryan A.A.<sup>1</sup>, Yasyan Yu.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chief Specialist in Management Systems of the Technical Department, External Doctorate Student of the Oil and Gas Technology Department of the Institute of Oil, Gas and Energy, Kuban State Technological University,

LLC "RN-Tuapse Refinery," Tuapse

<sup>2</sup>Professor, PhD in Engineering,

"Kuban State Technological University," Institute of Oil, Gas and Energy, Krasnodar

#### ANALYSIS OF VARIOUS MIXTURES OF OILSTOCK WITH THE APPLICATION OF SOFTWARE

*Abstract*

*Mixtures of different oilstock consisting of different deposits are considered in the article: West Siberian, Chervlennaya, Novosergievskaya, Zaykinskaya, Sorochinskaya mixtures. Five model versions of mixtures with different percentage ratios are proposed based on the density of the oilstock. An assumed distribution of the fractions during primary processing at an oil refinery is obtained with the help of the modern software. Analysis of the expected amount of light fractions from model mixtures is made.*

**Keywords:** oil, light fractions, density.

В экономических условиях в связи последними изменениями в налоговом законодательстве и уровнем цен на нефть выгоднее развивать различные направления для увеличения выхода светлых фракций и получения целевых компонентов в нефтехимии и нефтепереработке. Для реализации данного направления разрабатываются новые месторождения нефти и газового конденсата с последующим вовлечением в переработку. На территории России есть предприятия, которые могут частично или полностью перерабатывать газовый конденсат, например, «Газпром нефтехим Салават» и предприятия Группы «ТАИФ». «Камчатгазпром».

В связи с освоением новых месторождений, появляется возможность вовлекать в переработку нефти других малоизученных месторождений, к примеру, Зайкинского, Сорочинского, Червленного, Новосергиевского и других, а также газовый конденсат.

Вариации смешения нефтей для вовлечения в переработку зависят, безусловно, от логистики поступления нефти. Возможность транспортировать по магистральному нефтепроводу на настоящий день есть с Западно-Сибирского месторождения, откуда, главным образом, поступает смешевая нефть под брендом Urals. Остальные нефти, принятые для примера, транспортируются по территории Российской Федерации для нефтеперерабатывающих заводов по разветвленной сетке железных дорог. В виду вышеизложенного, процент вовлечения нефти Urals может быть значительно больше. Как показывают исследования, плотность нефти Urals высокая, а потенциальное содержание и,

следовательно, выход светлых фракций в этой нефти невысоки, что ухудшает производственные показатели и глубину переработки [1, С.232-380]. Данный фактор возможно минимизировать вовлечением и смешением с более легкими нефтями из других месторождений.

Автором рассмотрены следующие варианты смесей нефтей (относительно плотности):

Вариант № 1: тяжелая и средняя;

Вариант № 2: три легкие;

Вариант № 3: тяжелая и две легкие;

Вариант № 4: самая тяжелая и самая легкая;

Вариант № 5: две средние.

Так как нефти представляют собой чрезвычайно сложные смеси многих углеводородов от низкого молекулярного веса и простой химической структуры до высокого молекулярного веса и сложного строения, то первым шагом при вовлечении в производство является разгонка нефти на фракции, в состав которых входят углеводороды приблизительно одинакового молекулярного веса. [5, С. 150-220]. Так как существует взаимосвязь между температурой кипения нефтяных углеводородов пропорционально их молекулярным весам, то перегонка разделяет нефть на фракции, молекулы которых примерно равны по размеру или весу.

Основным определяющим технологическим показателем нефти является фракционный состав и потенциальное содержание светлых фракций [5, С. 280-410].

На рис. 1-5 обозначены процентные соотношения и наименования месторождений нефтей, взятых в модельную смесь.

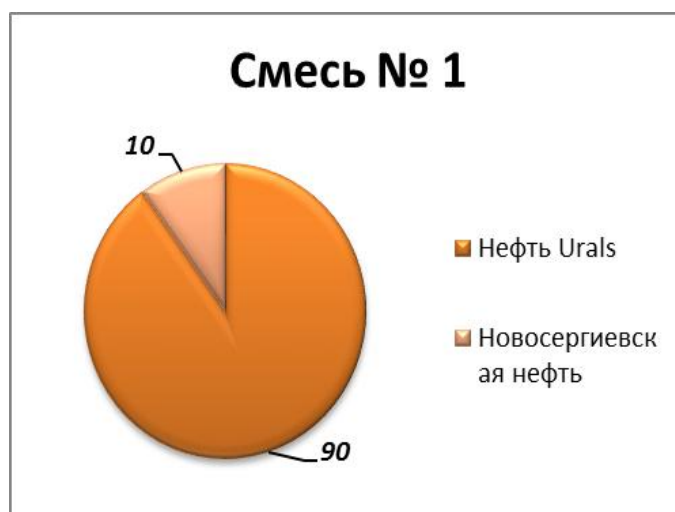


Рис. 1 – Модельная смесь № 1



Рис. 2 – Модельная смесь № 2

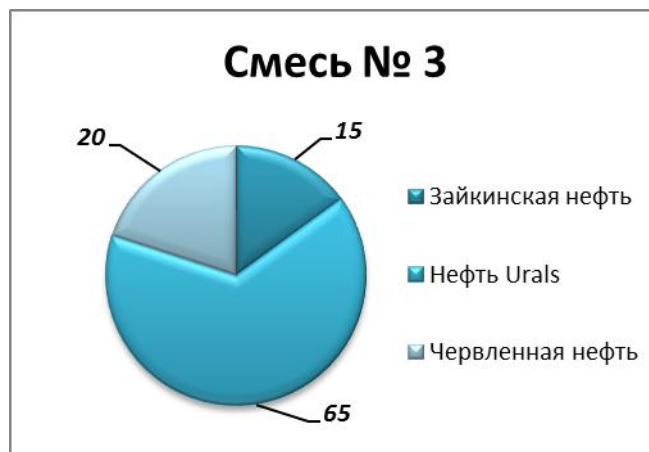


Рис. 3 – Модельная смесь № 3

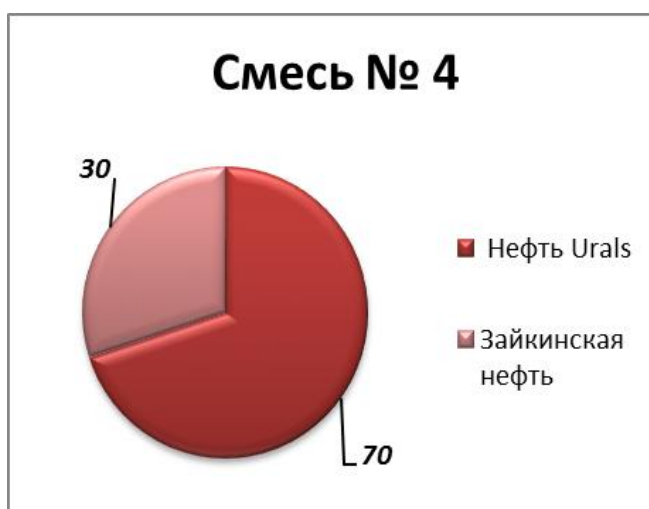


Рис. 4 – Модельная смесь № 4



Рис. 5 – Модельная смесь № 5

Просчитаем с помощью на имитационной модели в Aspen PIMS варианты смесей нефтей и проведем исследования на фракционный состав полученных смесей. Полученные результаты приведены на рис. 6.

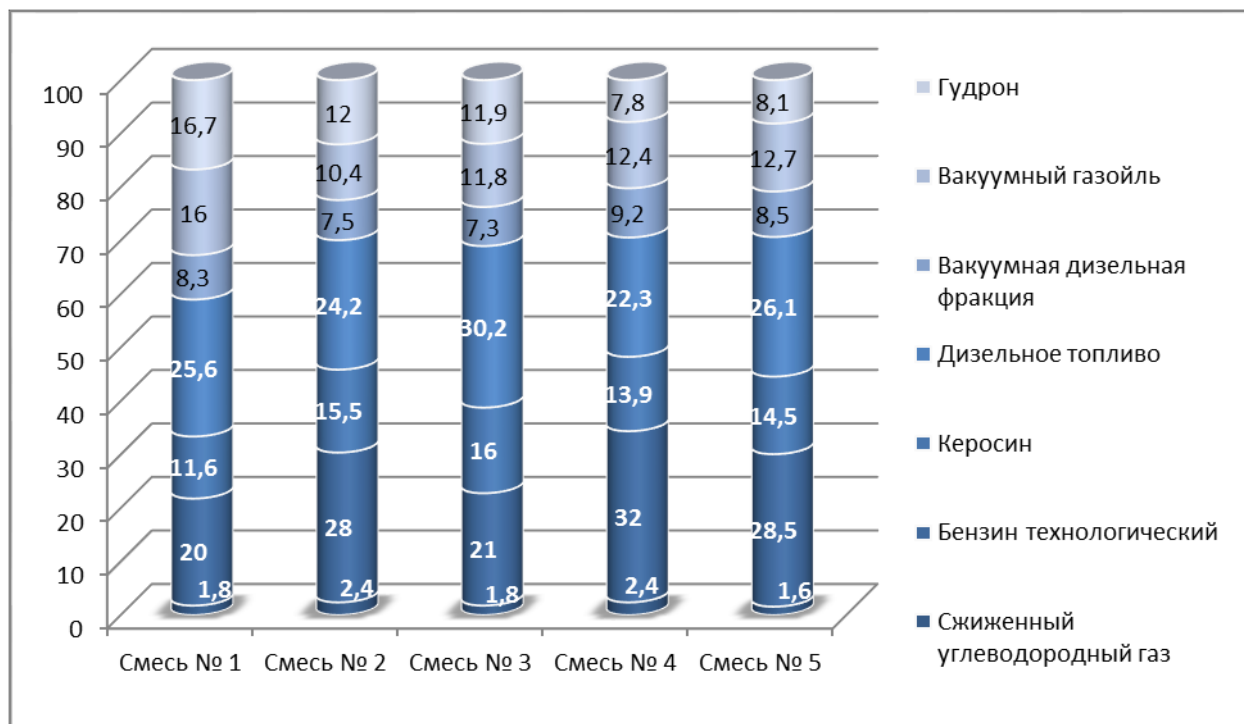


Рис. 6 – Распределение светлых фракций в модельных смесях

На сегодняшний день последние версии обновленного программного обеспечения позволяют усовершенствовать процесс взаимодействия и планирования на нефтеперерабатывающем заводе. Например, программное обеспечение Aspen HYSYS® Petroleum Refining (система технологического моделирования) обладает возможностями для импорта и экспорта данных по физико-химическим параметрам нефтей как в программу Aspen PIMS, так и из нее, это наиболее распространенная схема планирования работы предприятия) с помощью одного из приложений Aspen Assay Management [2, С.3-5], [3].

Для подбора рецептов смешения и получения оптимально подходящих сведений, приближенных к реальным значениям при переработке на различных установках, существует еще один вид программного обеспечения - такой как Spiral Assay [2, С. 3-5], [3].

Для наглядности полученных данных и сравнения глубины переработки при вовлечении на НПЗ приведено сравнение по сумме светлых фракций на рис. 7 [8].

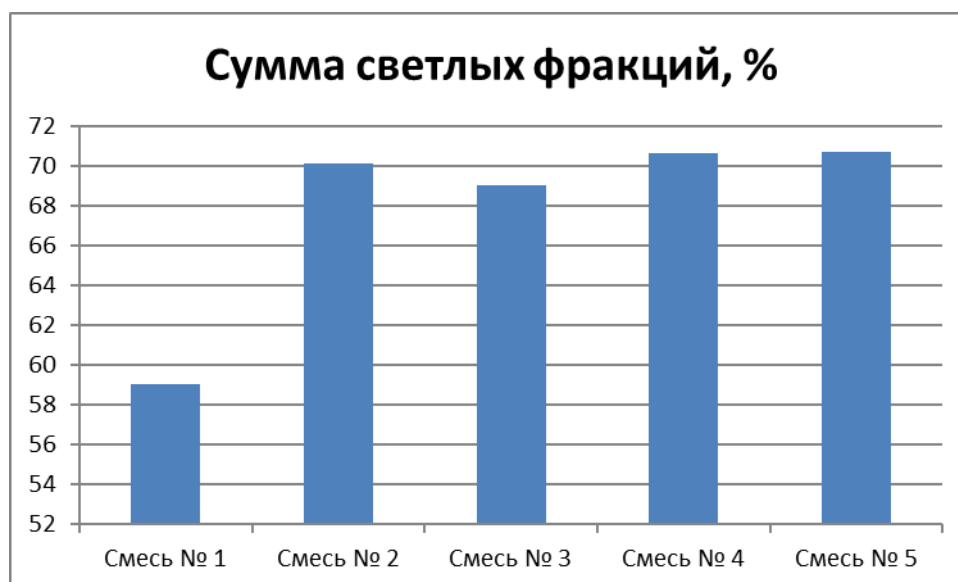


Рис. 7 – Сумма светлых фракций в разных смесях

При наличии известных данных по качеству нефтяного сырья различных типов, возможно интегрирование в Spiral Assay данных по физико-химическим характеристикам отдельных узких фракций. Далее подбором оптимального количества вовлекаемых типов нефтей плановые специалисты НПЗ могут получить несколько возможных вариантов получения продукции и качество продукции. Это исключает многочасовые и сложные лабораторные процессы по получению и разгонке смесей для подбора оптимальной и наиболее эффективной рецептуры смешения. Отметим, что лабораторные испытания не всегда в полной мере отражают реально полученные данные по качеству продукции и

выходу светлых фракций при выведенной рецептуре. В большинстве лабораторий данный анализ определяется разгонкой на аппарате АРН-2 по ГОСТ 11011-85. Длительность этой процедуры более 24 ч [7, С. 4-20].

В современных условиях бизнеса выгоднее применять программное обеспечение для улучшения качества планирования работы предприятия [10, С. 53-98]. В процессе планирования можно менять состав смесей и находить, таким образом, их оптимальный состав.

В дальнейшем при проработке смесей возможно включение некоторой доли газового конденсата либо полностью перерабатывать газовый конденсат для увеличения выхода светлых фракций с анализом фракционного состава и технологических особенностей вовлечения в первичную переработку для атмосферной перегонки на нефтеперерабатывающем заводе. На данном этапе развития технологии вовлечение газового конденсата связано с определенными технологическими трудностями, малоизученным физико-химическим составом, а также необходимостью проводить модернизацию установок ЭЛОУ-АВТ [9]. На сегодняшний день газовый конденсат в основной массе направляется на экспорт, этому способствовали изменения в налоговом законодательстве и ряд внешних факторов, - например, изменение спроса на нефтепродукты из-за кризиса в экономике, падение цен на нефть, снижение курса рубля по отношению к доллару.

Основным сдерживающим фактором увеличения вовлечения в переработку газового конденсата являются проблемы в сфере транспортировки. Железнодорожные перевозки развиваются, но это приводит к ритмичности поставок, что не лучшим образом отражается на непрерывной работе установок первичной переработки. Трубопроводный транспорт в данном направлении только развивается, и также требует значительной модернизации. Зачастую именно отсутствие трубопроводного транспорта до конечных потребителей становится препятствием для разработки новых удаленных перспективных месторождений.

В случае промышленного выветривания потери конденсата составляют примерно 30-40%. Известны также факты сжигания конденсата на факелах. Что касается смешивания конденсата с нефтью, такое использование конденсата вполне допустимо, например, с целью повышения содержания в нефти легких фракций для нужд нефтепереработки. [6, С. 157-194]. Перспективна разработка труднодоступных, глубокозалегающих запасов конденсата, что особенно актуально для месторождений с высоким процентом выработанности поверхностных отложений. В дальнейшем структура запасов будет усложняться, средняя глубина скважин будет расти, а вероятность открытия крупных месторождений уменьшаться, внимание добывающих компаний устремится на более глубокие, богатые конденсатом, залежи.

Чтобы минимизировать потери сопутствующих продуктов при их извлечении в процессе стабилизации, в первую очередь, необходимо отказаться от неэффективных способов стабилизации конденсата. По возможности следует стабилизировать конденсат в заводских условиях с минимальными потерями, ведь ШФЛУ, СУГ, этановая фракция являются ценным сырьем для нефте- и газохимии [4, С. 12-13, 24].

#### Список литературы / References

1. Мановян А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. Учебное пособие для вузов. 2-е изд. - М.: Химия, 2001. - 568 с.
2. Петухов М.Ю., Боронин А.Б., Хохлов А.С. Статья: «Подходы к ЛП-моделированию производства НПЗ для целей планирования», журнал «Автоматизация в промышленности», 2016, Т 2, стр. 22-28,
3. Sanjeev Mullick, Steve Dziuk, Dinu Ajikutira, Aspen Technology, Inc. Статья: Integrating Process Models with Refining PandS, TESORO CORP /NEW/ 8-K (Events or Changes Between Quarterly Reports), 20.02.2009 г.
4. Шарыгина, Е. В. Оценка экономической эффективности использования газового конденсата в России [Рукопись]: автореф. дис. . канд. эконом. наук : 08.00.05 / Е. В. Шарыгина. - Москва, 2010. - 26 с.
5. Ахметов С.А. Физико-химическая технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие. 4.2. Уфа: Изд-во УГНТУ, 1996. -304 с.
6. Гуревич И. Л. Технология переработки нефти и газа. Ч.1.- М.: Химия, 1972.- 360 с.
7. ГОСТ 11011-85 Нефть и нефтепродукты. Метод определения фракционного состава в аппарате АРН-2, 23 с.
8. Инструкция по составлению статистической отчетности о глубине переработки нефти по производственному объединению (предприятию) (форма №5-ТЭК (нефтепереработка), утвержденная постановлением Госкомстата России от 13.10.1993 №190.
9. Ван Лицзюнь, Ольков П. Л., Богатых К.Ф. Направление реконструкции вакуумных блоков промышленных установок АВТМ / в сб. Нефтепереработка и нефтехимия проблемы и перспективы. Уфа, 1991.
10. Грищенко О.В. «Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия»: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. 112с.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Manovjan A. K. Tehnologija pervichnoj pererabotki nefiti i prirodnogo gaza. Uchebnoe posobie dlja vuzov. 2-e izd.[Technology of primary processing of oil and natural gas. Textbook for high schools. 2-e Izd.] - М.: Himija, 2001. - 568 p. [in Russian]
2. Petuhov M.Ju., Boronin A.B., Hohlov A.S. Stat'ja: «Podhody k LP-modelirovaniju proizvodstva NPZ dlja celej planirovanija», zhurnal «Avtomatizacija v promyshlennosti» [Article: "Approaches to LP-modeling of refinery production planning", journal "automation in industry"], – 2016, V 2, P. 22-28. [in Russian]
3. Sanjeev Mullick, Steve Dziuk, Dinu Ajikutira, Aspen Technology, Inc. Stat'ja: Integrating Process Models with Refining PandS, TESORO CORP /NEW/ 8-K (Events or Changes Between Quarterly Reports), 20.02.2009 g.
4. Sharygina, E. V. Ocenka jekonomicheskoj jeffektivnosti ispol'zovanija gazovogo kondensata v Rossii [Rukopis'] : avtoref. dis. . kand. jekonom. nauk : 08.00.05 [Assessment of economic efficiency of use of gas condensate in Russia [Manuscript]: Avtoref. dis. . Cand. economy. Sciences : 08.00.05] / E. V. Sharygina. - Moskva, 2010. - 26 p. [in Russian]

5. Ahmetov S.A. Fiziko-himicheskaja tehnologija glubokoj pererabotki nefi i gaza: Uchebnoe posobie. [Physico-chemical technology of deep processing of oil and gas: a Training manual.] 4.2. Ufa: Izd-vo UGNTU, 1996. -304 p. [in Russian]
6. Gurevich I. L. Tehnologija pererabotki nefi i gaza. [Processing technology of oil and gas.] part.1.- M.: Himija, 1972.-360 p. [in Russian]
7. GOST 11011-85 Nefi' i nefteprodukty. Metod opredelenija frakcionnogo sostava v apparate [Oil and oil products. The method of determining the fractional composition in the apparatus ] ARN-2, 23 p. [in Russian]
8. Instrukcija po sostavleniju statisticheskoj otchetnosti o glubine pererabotki nefi po proizvodstvennomu ob#edineniju (predprijatiju) (forma №5-TJeK (neftepererabotka), utverzhdannaja postanovleniem Goskomstata Rossii ot [Instructions on drawing up of statistical reporting on the depth of oil refining at the production Association (company) (form No. 5-tech (refinery), approved by the decree of Goskomstat of Russia from ] 13.10.1993 №190. [in Russian]
9. Van Liczjun', Ol'kov P. L., Bogatyh K.F. Napravlenie rekonstrukcii vakuumnyh blokov promyshlennyh ustanovok AVTM [The direction of the reconstruction of the vacuum units industrial installations avgm] / v sb. Neftepererabotka i neftehimija problemy i perspektivy. [in proc. Refining and petrochemicals problems and prospects.] Ufa, 1991. [in Russian]
10. Grishhenko O.V. «Analiz i diagnostika finansovo-hozjajstvennoj dejatel'nosti predprijatija»: Uchebnoe posobie. [Grishchenko O. V. "Analysis and diagnostics of financial-economic activity of enterprises": manual.] Taganrog: Izd-vo TRTU, 2000. 112p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.063>Афанасьев Д.Е.<sup>1</sup>, Васильев П.Ф.<sup>2</sup>, Кобылин В.П.<sup>3</sup>, Давыдов Г.И.<sup>4</sup>, Хоютанов А.М.<sup>5</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-5096-4540, доктор технических наук,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-4108-176X, кандидат технических наук,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-8773-7002, доктор технических наук,<sup>4</sup>ORCID: 0000-0001-8543-0867, младший научный сотрудник,<sup>5</sup>ORCID: 0000-0002-1917-6976, ведущий инженер,

Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН в г. Якутске

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА****Аннотация**

Рассмотрены и предложены схемы расщепления трехфазной линии электропередачи переменного тока на три трехфазные, процессы между которыми, сдвинуты друг относительно друга на 120 электрических градусов. Представлены пяти- и семипроводные системы электропередачи с трехфазными трансформаторами, которые являются дальнейшим развитием схем, в которых, в качестве одного из фазных проводов используется земля. Сохраняя все преимущества системы «Два провода – Земля», она лишена ее недостатков, вытекающих из-за распространения многолетнемерзлых грунтов, и может быть применена для реконструкции существующих сетей, а также для сооружения новых для районов с малыми плотностями электрических нагрузок, к которым относятся Север и Арктика России. Эксплуатация шестифазной линии увеличивает пропускную способность по сравнению с двухтрансформаторной двухцепной ЛЭП. Представлено увеличение возможных схем подключения потребителей от питающей подстанции.

**Ключевые слова:** линия электропередачи, переменный ток, расщепление, многолетнемерзлые грунты, надежность, пропускная способность.

Afanasyev D.E.<sup>1</sup>, Vasiliev P.F.<sup>2</sup>, Kobylin V.P.<sup>3</sup>, Davydov G.I.<sup>4</sup>, Khoyutanov A.M.<sup>5</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-5096-4540, PhD in Engineering, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0003-4108-176X, PhD in Engineering,<sup>3</sup>ORCID: 0000-0001-8773-7002, PhD in Engineering, <sup>4</sup>ORCID: 0000-0001-8543-0867, Research fellow,<sup>5</sup>ORCID: 0000-0002-1917-6976, Principal engineer,

Institute of Physical and Technical Problems of the North, named after V.P. Larionov of Siberian Branch of RAS, Yakutsk

**INCREASE OF CAPACITY AND RELIABILITY OF THREE-PHASE ELECTRIC NETWORKS IN THE CONDITIONS OF THE NORTH****Abstract**

Considered and proposed schemes for the splitting of the three-phase alternating current transmission line into three three-phase, the processes between which are shifted relative to each other by 120 electric degrees. Five- and seven-wire power transmission systems with three-phase transformers are presented, which are a further development of circuits in which earth is used as one of the phase conductors. Preserving all the advantages of the "Two wires - Earth" system, it lacks its disadvantages resulting from the proliferation of permafrost soils, and can be used to reconstruct existing networks, as well as to construct new electric loads for regions with low densities, which include the North and the Arctic of Russia. The operation of the six-phase line increases the capacity compared to a two-transformer double-circuit power line. An increase in the possible schemes of connecting consumers from the power substation is presented.

**Keywords:** power line, alternating current, splitting, permafrost soils, reliability, throughput.

**Введение**

Север и особенно Арктические регионы России характеризуются значительной удаленностью потребителей от источников электроэнергии, удаленным размещением производства, большой разбросанностью населенных пунктов на большой территории. Электросетевое хозяйство характеризуется широким диапазоном классов

напряжения, большой протяженностью сетей, сложными природными, климатическими и инфраструктурными условиями эксплуатации, такие как труднодоступность, непроходимость участков в летний период, недостаток техники и механизмов, а также не развитость ремонтных и эксплуатационных баз.

При объединении энергосистем Восточной Сибири и Дальнего Востока к ЕНЭС России будут вовлечены электрические мощности крупного кластера гидроэлектростанций, себестоимость выработки электрической энергии, которых значительно ниже в сравнении с традиционными тепловыми источниками электрической энергии. При этом дальнейшее развитие системы транспорта электроэнергии должно сопровождаться разработками новых или адаптацией известных, но в силу сложившихся обстоятельств, не востребованных технических решений, необходимых для совершенствования элементной базы системы передачи электрической энергии. Увеличение вариативности схем подключения к подстанциям, которые позволяют в конечном итоге получить более экономичные и надежные линии, обеспечивающие требуемое качество напряжения и пропускную способность [1].

#### Расщепление передачи трехфазного тока

Л.Е. Эбин в своей в заявке от 8.03.1950 г. «Передача трехфазного тока», защищенной авторским свидетельством СССР [2, С. 1], говорит о расщеплении трехфазной линии электропередачи переменного тока «...что для уменьшения расхода цветного металла, три разноименные фазы трех трехфазных или девяти однофазных трансформаторов, вторичные обмотки которых соединены в звезды, соединяются вместе и заземляются, а к оставшимся шести фазам присоединяется шестипроводная линия передачи» [2, С. 3]. Далее, в описании изобретения, сказано «...в схеме передачи на передающей и понижающей подстанциях три одинаковые трехфазные трансформатора с низкой стороны включены параллельно на трехфазные шины. С высокой стороны три разноименные фазы (по одной в каждом из трансформаторов) соединяются вместе и заземляются наглухо; остальные 6 фаз трех трансформаторов включаются на шестипроводную линию передачи. Эту систему можно представить в виде трехфазной системы, отдельные «фазы» которой являются трехфазными системами» [2]. Описанная схема передачи представлена на рис. 1.

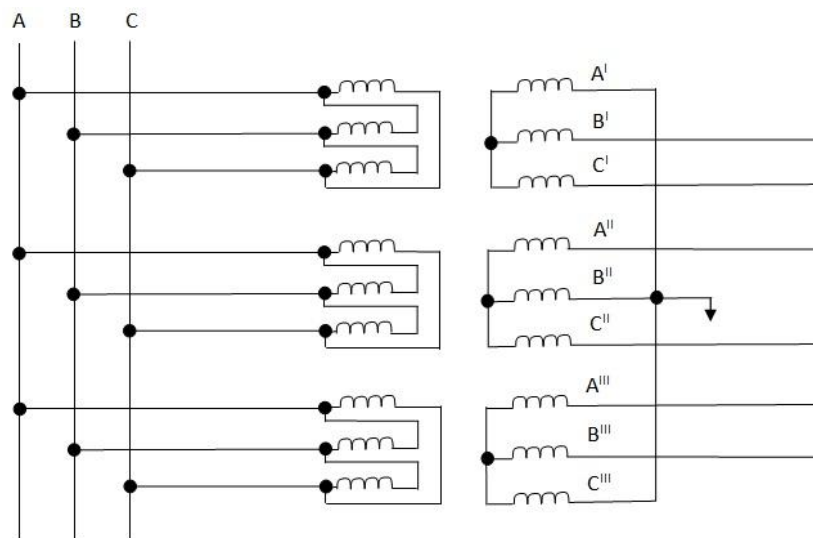


Рис. 1 – Схема передачи трехфазного тока

Необходимо отметить, что схема представляет собой одну из модификаций системы «Два провода – земля» (ДПЗ) [3], [4], [5], которая применялась в 30-50 гг. прошлого столетия и от которой отказались ввиду повышенной электроопасности заземленной фазы, а в условиях Севера и Арктики электроопасность повышается в разы, из-за повсеместного распространения многолетнемерзлых грунтов (мощность мерзлой толщи достигает 1,5 км), которые не проводят электрический ток [6, С. 6].

С учетом изложенного, предлагается общую точку соединения разных фаз трех трансформаторов присоединить к одному из семи проводов, а к шести фазам присоединить оставшиеся шесть проводов линии передачи трехфазного тока.

Векторная диаграмма напряжений расщепленной трехфазной линии приведена на рис. 2. Предлагаемая схема позволяет осуществить схему подстанции с тремя трансформаторами и семью шинами, от которой могут отходить линии разных типов и напряжений для питания рассредоточенных потребителей в сельской местности в зависимости от характера, мощностей нагрузок, их расстояний от питающей подстанции [7, С. 128].



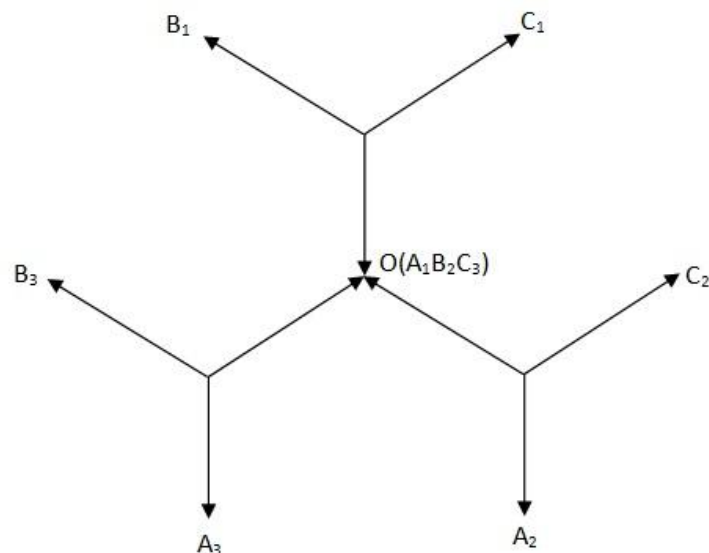
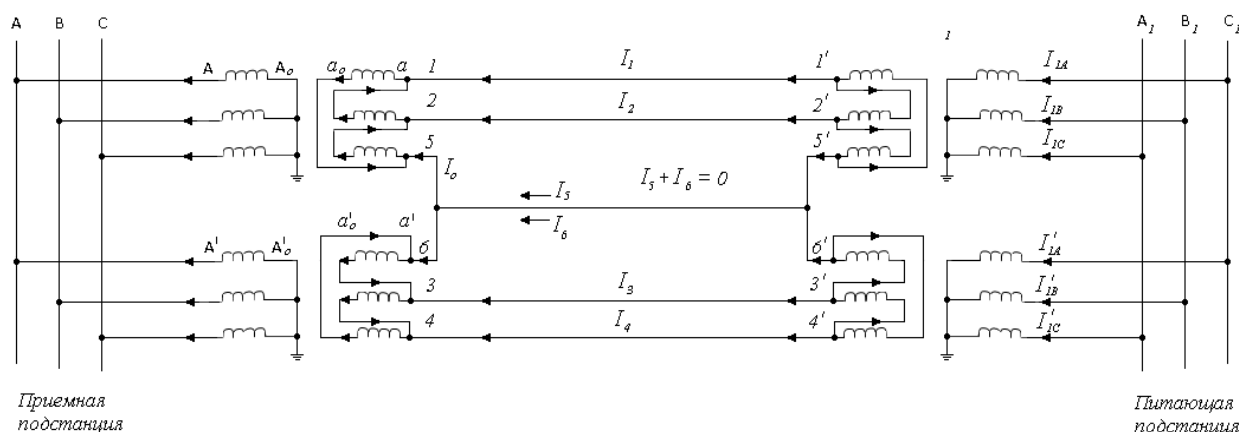


Рис. 2 – Векторная диаграмма напряжений расщепленной трехфазной линии электропередачи

### Пяти-, семипроводные системы трехфазного тока

Пятипроводная система электропередачи. Один трансформатор каждой пары трехфазных трансформаторов имеет группу соединений звезда-треугольник 11 и другой – звезда-треугольник 1. допускаются и другие группы соединений, если сдвиг между ними равен  $60^\circ$ ,  $180^\circ$  и т.д. Со стороны треугольника фаза  $a$  одного из трансформаторов соединяется с фазой  $c$  другого. Остальные четыре вывода трансформаторов присоединяются к сборным шинам или непосредственно к линии электропередачи.





Предлагаемая схема позволяет осуществить схему подстанций с тремя трансформаторами и семью шинами (рис. 5), от которой могут отходить линии разных типов и напряжений для питания рассредоточенных потребителей в сельской местности в зависимости от характера, мощностей нагрузок, их расстояний от питающей подстанции.

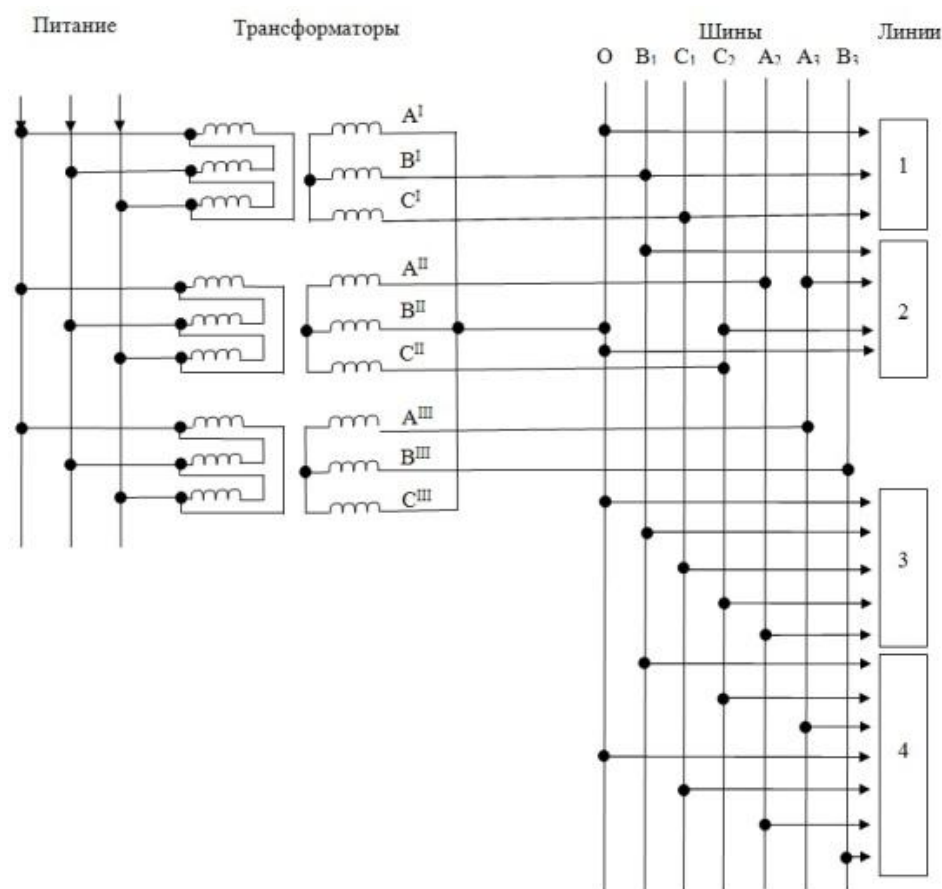


Рис. 5 – Схема подстанции с тремя трансформаторами, семью шинами

При повышении напряжения на шестифазных проводах линии в  $\sqrt{3}$  раз, ток в этих проводах снижается в  $\sqrt{3}$  раз. Допустим, что при  $U_1 = U_{\text{ном}}$  по проводу фазы  $A_1$  ток равен  $I_{1A} = 100$  А. При  $U = \sqrt{3}U_{\text{ном}}$  ток примет значение ( $S_1 = S_2$ )  $I_{2A} = I_1 / \sqrt{3} = 100 / 1,73 = 58$  А. Пропускная способность по току данного провода увеличится на  $\Delta I = 42$  А.

$I'_2 = I_1 + \Delta I = 1,42$  А. То есть увеличится в 1,42 раза, чем при  $U = U_{\text{ном}}$ .

Пропускная способность этого же провода по мощности станет равной  $S'_2 = \sqrt{3} \cdot 1,42 \cdot S_{\text{ном}} = 2,46 \cdot S_{\text{ном}}$ .

Таким образом, трехтрансформаторная шестифазная семипроводная линия передачи будет иметь пропускную способность по мощности в 2,46 раз большую, чем двухтрансформаторная двухцепная линия.

По сравнению со схемой двухтрансформаторной подстанции с тремя шинами повышение числа трансформаторов до трех, числа шин до семи по данной схеме оправдывается следующими ее преимуществами: во-первых, существенным повышением числа возможных вариантов схем подключения к подстанции линий электропередачи, отличающихся друг от друга по протяженности, категориям надежности, мощности и по режимам работы питаемых от них потребителей электроэнергии, в конечном итоге, приводящим к повышению маневренности и надежности электроснабжения; во-вторых, возможным снижением потерь активной мощности в линиях путем реализации схем электропитания удаленных потребителей на повышенном напряжении.

#### Заключение

Предложенная расщепляемая трехфазная система не имеет тех недостатков, присущих системе ДПЗ и ее модификациям, вызванных наличием «земляного» токопровода (электромагнитная несовместимость с системами электросвязи, радио-, телепередачи, автоматики и управления, низкая надежность работы и повышенная электроопасность), невозможностью выполнения последних возлагаемых на нее функций в местах распространения криолитозоны в определенный период времени. Также данные схемы дают возможность осуществить переход на более высокие напряжения без замены установленного оборудования, при этом повышается пропускная способность линии и ее надежность.

#### Список литературы / References

1. Нестеров А.С., Давыдов Г.И., Васильев П.Ф. Альтернативное решение развития электроснабжения потребителей Арктической зоны Республики Саха (Якутия) / А.С. Нестеров, Г.И. Давыдов, П.Ф. Васильев // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2013. – № 4. – С. 54–58.
2. А.с. 91036 СССР, МПК Н 02 J 3. Передача трехфазного тока / Эбин Л.Е (СССР). – 413738; опубл. 01.01.1950. – 3 с.

3. Фильштинский А.А. Четырехпроводная электропередача как средство повышения экономичности и надежности высоковольтных сетей / А.А. Фильштинский // Электричество. – 1952 – №1. С. 17–22.
4. Эбин Л.Е., Алукер Ш.А. Электрический расчет сетей с использованием земли в качестве одного из фазных проводов (два провода – земля) / Л.Е. Эбин, Ш.А. Алукер // Госэнергоиздат. – 1949.
5. Орошкинский П.С. Передача энергии трехфазным током по системе два провода – земля / П.С. Орошкинский // Изд. Академия наук СССР. – 1935.
6. Васильев П.Ф. Методы снижения сопротивления заземляющих устройств в многолетнемерзлых грунтах / П.Ф. Васильев // Изд-во СО РАН. – 2013. – 83 с.
7. Афанасьев Д.Е. Расщепление передачи трехфазного тока. Развитие идеи Л.Е. Эбина применительно к условиям Крайнего Севера / Д.Е. Афанасьев // Современные проблемы теплофизики и теплоэнергетики в условиях Крайнего Севера. – Якутск: Изд-во Якутского ун-та. – 2010. – С. 128.
8. Андреев В.В. Четырехфазная схема электропередачи с трехфазными трансформаторами / В.В. Андреев // Электричество. – 1952 – № 1. – С. 15–17.
9. Афанасьев Д.Е., Давыдов Г.И., Васильев П.Ф., Ли-Фир-Су Р.П., Хоютанов А.М. Энергоэффективные схемы электропередачи для районов с малыми плотностями электрических нагрузок (Север и Арктика) / Д.Е. Афанасьев, Г.И. Давыдов, П.Ф. Васильев, Р.П. Ли-Фир-Су, А.М. Хоютанов // Научный альманах. – 2016. – №5-3(19). – С. 21–26.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Nesterov A.S., Davydov G.I., Vasil'ev P.F. Al'ternativnoe reshenie razvitiya elektrosnabzheniya potrebiteley Arkticheskoy zony Respubliki Sakha (Yakutiya) [Alternative solutions of the electric supply development of the Arctic zone of Republic of Sakha (Yakutia)] / A.S. Nesterov, G.I. Davydov, P.F. Vasil'ev // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. [Bulletin of Northeast federal university of M. K. Ammosov] – Yakutsk, 2013. – T.10 – № 4. – P. 54–58. [in Russian]
2. A.s. 91036 SSSR, MPK H 02 J 3. Peredacha trekhfaznogo toka [Three-phase current transmission] / Ebin L.E (SSSR). – 413738; opubl. 01.01.1950. – P. 3.
3. Fil'shtinskiy A.A. Chetyrehprovodnaya elektroperedacha kak sredstvo povysheniya ekonomichnosti i nadezhnosti vysokovol'tnykh setey [Four-phase transmission scheme as a way of high-voltage transmission lines economy and reliability increasing] / A.A. Fil'shtinskiy // – M.: Elektrichestvo, 1952. – №1. – P. 17–22. [in Russian]
4. Ebin L.E., Aluker Sh.A. Elektricheskiy raschet setey s ispol'zovaniem zemli v kachestve odnogo iz faznykh provodov (dva provoda – zemlya) [Electrical calculation of networks using ground as one of the phase conductors (two wires – the ground)] / L.E. Ebin, Sh.A. Aluker // Gosenergoizdat publ. – 1949.
5. Oroshtinskiy P.S. Peredacha energii trekhfaznym tokom po sisteme dva provoda – zemlya [Transmission of three-phase current through a system of two wires – the ground] / P.S. Oroshtinskiy // Izd. Akademiya nauk SSSR publ. – 1935. [in Russian]
6. Vasil'ev P.F. Metody snizheniya soprotivleniya zazemlyayushchikh ustroystv v mnogoletnemerzlykh gruntakh [Methods for reducing the resistance of earthing devices in permafrost soils] / P.F. Vasil'ev // Izd-vo SO RAN publ. – 2013. – 83 p.
7. Afanas'ev D.E. Rasshcheplenie peredachi trekhfaznogo toka. Razvitie idei L.E. Ebina primenitel'no k usloviyam Kraynego Severa [Splitting of the three-phase current transmission. Development of the idea of L.E. Ebina applied to the conditions of the Far North] / D.E. Afanas'ev // Sovremennye problemy teplofiziki i teploenergetiki v usloviyakh Kraynego Severa [Modern Problems of Thermal Physics and Heat Power Engineering in the Conditions of the Far North]. – Yakutsk: Izd-vo Yakutskogo un-ta. – 2010. – P. 128. [in Russian]
8. Andreev V.V. Chetyrehfaznaya skhema elektroperedachi s trekhfaznymi transformatorami [Four-phase with three-phase transformers electricity transmission scheme] / V.V. Andreev // – M.: Elektrichestvo, 1952. – № 1. – P. 15–17. [in Russian]
9. Afanas'ev D.E., Davydov G.I., Vasil'ev P.F., Li-Fir-Su R.P., Khoyutanov A.M. Energoeffektivnye skhemy elektroperedachi dlya rayonov s malymi plotnostyami elektricheskikh nagruzok (Sever i Arktika) [Energy-efficient power transmission schemes for areas with low electrical load densities (North and the Arctic)] / D.E. Afanas'ev, G.I. Davydov, P.F. Vasil'ev, R.P. Li-Fir-Su, A.M. Khoyutanov // Nauchnyy al'manakh [Scientific almanac]. – 2016. – №5-3(19). – P. 21-26. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.099>Баязитова С.Р.<sup>1</sup>, Миннулина А.Р.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-6412-0058, Студент,

ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал в г. Октябрьском

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-5787-8891, Студент,

ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет, филиал в г. Октябрьском

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАСОСА «ШГН+ЭЦН» В РОССИИ****Аннотация**

*Сложно переоценить значение нефти и природного газа в современной жизни человечества. Россия – одна из влиятельнейших государств в нефтедобывающей отрасли, являющаяся обладателем крупнейших резервов углеводородного сырья в мире. Высокая степень нефтеизвлечения тесно взаимосвязана с процессами добычи нефти и попутного газа. В данной статье проанализированы методы одновременно-раздельной эксплуатации (ОРЭ), выявлены положительные качества использования данных процессов для эффективной добычи нефти.*

**Ключевые слова:** нефть, одновременно-раздельная эксплуатация, ШГН, ЭЦН, нефтеизвлечение, многопластовые месторождения.

Bayazitova S.R.<sup>1</sup>, Minnulina A.R.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-6412-0058, Student,<sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-5787-8891, Student,

FSBEI of Higher Education "Ufa State Petroleum Technological University" (a branch in Oktyabrsky)

**ANALYSIS OF EFFICIENCY OF USING BOTTOM-HOLE AND ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMPS IN RUSSIA****Abstract**

*The importance of oil and natural gas in the modern life of mankind can hardly be overestimated. Russia is one of the most influential states in the oil industry owning the largest reserves of hydrocarbon raw materials in the world. A high degree of oil recovery is closely interrelated with the processes of oil and gas production. In this article, we analyse methods of dual production time and identify positive qualities of using these processes for effective oil production.*

**Keywords:** oil, dual production time, bottom-hole pump, electric submersible pump, oil recovery, multi-layer deposits.

Сложно переоценить существенное значение нефти и природного газа в современной жизни человечества. Нефтегазовая отрасль не только способствует международным экономическим отношениям, где использование и добыча нефти определяет степень экономического развития и уровень жизни населения страны, но и является одним из важных критериев политического взаимодействия (как в мирное время, так и в условиях возникающих военных конфликтов). Россия – одна из влиятельнейших государств в нефтедобывающей отрасли, являющаяся обладателем крупнейших резервов углеводородного сырья в мире. Высокая степень нефтеизвлечения тесно взаимосвязана с процессами добычи нефти и попутного газа. Уровень сложности добычи нефти зависит от большого количества параметров: размеры и структурно-механические свойства пластов-коллекторов, стадии разработки мест скоплений углеводородов и многих других факторов. А, следовательно, для увеличения коэффициента нефтеотдачи необходимо учитывать данные характеристики при эксплуатации и разработки месторождений нефти, использовать добывающее оборудование в наиболее эффективных режимах.

В регионах, где процесс добычи нефти и попутного газа состоит на поздней стадии разработки, к которым относится Республика Татарстан, нефтеизвлечение усложняется ухудшением строения пластов, малыми размерами и высокой выработанностью месторождений. Время, когда нефть легко и просто добывалась, в международной добыче остаётся в прошлом. Остаточные трудноизвлекаемые запасы, которые являются существенными, состоят в низкопроницаемых пластах, а их раздельная разработка зачастую экономически накладна. С целью наиболее полного извлечения запасов необходимо привлечение в исследование всех существующих объектов в разрезе одной скважины, что является не всегда допустимым согласно научно-технологическим и геологическим обстоятельствам. Начиная с 1950-х годов в Поволжском регионе принялись производить работы по увеличению дебитов нефти в скважинах. Этому послужило специализированное оборудование для одновременно-раздельной эксплуатации пластов, целью которого являлась рационализация расходов, достигающаяся в результате совмещения эксплуатационных объектов с помощью специально предназначенного оборудования [1, С. 4]. Одновременно-раздельная эксплуатация (ОРЭ) – это совокупность действий, способных воздействовать через скважины на пропластки для создания условий выработки месторождения в наиболее оптимизированном режиме. ОРЭ осуществляется одновременно фонтанным и глубиннонасосными методами согласно моделям "фонтан - насос" (нижний пласт фонтанирует) и "насос - фонтан" (верхний пласт фонтанирует). Оборудование даёт возможность использовать любой из объектов в собственном установленном режиме (расход, забойное давление), без разделения продукции пластов при подъёме и транспорте. Иными словами, данный способ рассчитан с целью одновременно-раздельной эксплуатации двух, а то и свыше пластов одной скважиной. Задачами ОРЭ являются:

- Увеличить дебит скважин за счет выбора оптимального режима работы пласта;
- Обеспечение постоянного коэффициента нефтеизвлечения эксплуатируемых пластов;
- Повышение дохода и снижение эксплуатационных издержек;
- Осваивание многопластового месторождения [2, С. 40].

ОРЭ применяется, прежде всего, в тех скважинах, которые в разрезе имеют большие различия физико-химических свойств объединяемых пластов, в водонасыщенных скважинах при значительных перепадах давления и в скважинах с немалым расстоянием между объектами. Долголетние промысловые обследования подтверждают функциональность конструкции, и помимо прочего осуществимость контролирования и регулировки её характеристик.

В ходе усовершенствования технологий одновременно-раздельной эксплуатации двух и более пластов было сформировано специализированное оборудование, которое опускают в скважину, открывающую 2-3 пласта. Ведущим составляющим такого типа оборудования служит пакер, отделяющий пласты друг от друга и имеющий отдельные каналы для выхода жидкости на поверхность, а также штанговый насос со вспомогательным клапаном.

В международной практике имеется большое количество разновидностей установок для одновременно-раздельной эксплуатации, и все без исключения они имеют преимущества в жизнедеятельности. Это такие как ПИМ+ОРД, ЭЦН+ШГН, УЭЦН, ШГН+ШГН, ШГН+клапан и др. Мы же рассмотрим установки, которые производятся в ООО УК «Система-Сервис» в городе Альметьевск республики Татарстан. Именно там в 2007 году были изобретены установки, в которых продукция нижних пластов добывается погружным электроцентробежным насосом (ЭЦН), а верхних - скважинным штанговым глубинным насосом (ШГН), и называется исходная установка – ОРЭ ЭЦН+ШГН (Рис. 1), [3, С. 93].

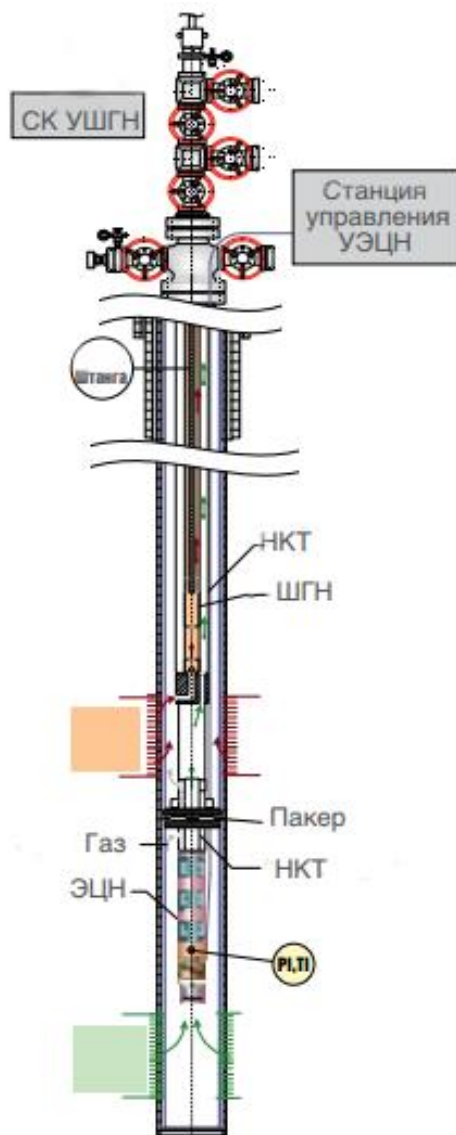


Рис. 1 – ШГН+ЭЦН

Принцип работы такой установки является следующим: при перемещении плунжера вверх сперва доставляется продукция нижнего пласта, а в последствии достижения плунжером бокового клапана – продукция верхнего пласта. Нефтепродукция нижнего пласта сквозь кожух поступает во входной узел в центробежный насос, из которого затем перекачивается в колонну НКТ. Нефтепродукция верхнего пласта извлекается нагнетаемым штанговым насосом, который сообщён с межтрубным пространством боковым каналом. Проникая в коллектор продукций обоих пластов, происходит смешивание, что ведёт к поднятию по колонне НКТ. В конструкции ЭЦН+ШГН кожух нанизан лишь на погружной электродвигатель и замыкается на входном узле ЭЦН, что не даёт места накапливаться газу. Газ попадает за пределы НКТ сквозь входное устройство. Если же весь насос погрузить в кожуху, то начнёт накапливаться газ, который может нарушить деятельность насоса, что не совсем благоприятно повлияет на добычу продукции.

Данная установка предоставляет возможность эксплуатировать отдельно каждый из объектов на установленном режиме, не разделяя продукции пластов при подъёме. Продолжительные анализы обосновали как эффективность установки, так и допустимость контролирования и регулировки ее основных параметров.

Эффективность внедрения одновременно-раздельной эксплуатации ЭЦН+ШГН заключается в следующем:

- Значительное уменьшение объемов бурения за счет применения ствола одной скважины;

- Эксплуатация одновременно объектов с различными характеристиками и физико-химическими свойствами нефти;
- Увеличение прибыльности отдельных скважин за счет присоединения иных объектов разработки или различных по свойствам пластов.
- Получение дополнительной нефти за счет разделения пластов.

Следовательно, технология ОРЭ позволяет значительно уменьшить затраты на добычу нефти.

В данный момент на объектах ОАО «Татнефть» с участием ООО УК «Система-Сервис» установка ОРЭ ЭЦН+ШГН введена более чем на 250 скважинах [4, С. 85].

Преимуществами одновременно-раздельной эксплуатации являются, прежде всего: уменьшение почти в 2 раза расходования средств на построение скважин и подготовки месторождений, в разработку вовлекаются ранее неиспользованные резервы нефти, темпы ввода мест скоплений углеводородов в разработку увеличиваются, сроки бурения скважины уменьшаются. Элементарность конструкций, расширение возможности регулирования дебита, обеспечение подсчета добываемой продукции из каждого пласта и прибавочный рост добычи нефти – всё это делает установку ЭЦН+ШГН наиболее прибыльной, рациональной и практичной в эксплуатации скважины и добыче нефти.

#### Список литературы / References

1. Хазипов Р. Г. Эффективность применения методов одновременно-раздельной добычи нефти из каширских и нижезалегающих залежей на восточном борту Мелекесской впадины / Р. Г. Хазипов, В. Г. Базаревская, К. М. Гарифов // Георесурсы. – 2015. – № 3 (62). – С. 3–6.
2. Заббаров Р. Г. Развитие одновременно-раздельной эксплуатации скважин / К. М. Тарифов, Н. Г. Ибрагимов, Р. Г. Заббаров // Нефть и жизнь. – 2008. – № 3 (39). – С. 40–41.
3. Сахнов Р. В. ОРЭ двух пластов с контролем депрессии / Р. В. Сахнов // Нефтегазовая Вертикаль. – 2011. – № 11. – С. 89–94.
4. Демидов А. В. Разработка трудноизвлекаемых запасов: подходы к эксплуатации двух пластов, связанных по вертикали проницаемым пропластком / А. В. Демидов // Вестник Пермского университета. – 2014. – № 3 (24). – С. 80–87.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Khazipov R. G., Bazarevskaya V. G., Garifov K.M. Effektivnost primeneniya metodov odnovremenno-razdelnoy dobychi nefiti iz kashirskikh i nizhezalegayushchikh zalezhey na vostochnom bortu melekesskoy vpadiny [The Effectiveness of Applying Dual Methods for Extracting Oil from Kashirskian and Underlying Deposits on the Eastern Board of Melekessky Depression] / Khazipov R.G. // Georesursy [Georesources]. – 2015. – № 3 (62). – P. 3-6. [in Russian]
2. Tarifov K. M., Ibragimov N. G., Zabbarov R. G., Razvitie odnovremenno-razdelnoy ekspluatatsii skvazhin [The development of Applying Dual Exploitation of wells] / Zabbarov R. G. // Neft i zhizn [Oil and live]. – 2008. – № 3 (39). – P. 40-41. [in Russian]
3. Sakhnov R. V., ORE dvukh plastov s kontrolem depressii [The ADE two stratum with depressive control] / Sakhnov R. V. // Neftegazovaya vertical [Oil and Gaz vertical]. – 2011. – № 11. – P. 89-94/ [in Russian]
4. Demidov A. V., Razrabotka trudnoizvlekayemykh zapasov: podkhody k ekspluatatsii dvukh plastov, svyazannykh po vertikalі pronitsayemyim proplostkom [Hard-to-recover Oil Reserves: Development Techniques for Two Oil-bearing Reservoirs with Permeable Layer between them] / Demidov A.V. // Vestnik Permskogo universiteta [Bulletin of Perm University]. – 2014. – № 3 (24). – P. 80-87/ [in Russian]



ПРИМЕР DOI:  
10.18454/IRJ.2015.0001

Начиная с ноябрьского выпуска 2015 года /10 (41) Ноябрь 2015/, каждой статье, опубликованной в Международном научно-исследовательском журнале, редакция издания будет присваивать идентификатор цифрового объекта DOI:

- DOI облегчает процедуры цитирования, поиска и локализации научной публикации;
- DOI повышает авторитет журнала, а также свидетельствует о технологическом качестве издания;
- DOI является неотъемлемым атрибутом системы научной коммуникации за счет эффективного обеспечения процессов обмена научной информацией.

**(Digital Object Identifier)** — идентификатор цифрового объекта, стандарт обозначения представленной в сети информации.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.041>Босикова Е.Ю.<sup>1</sup>, Полякова М.А.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-8090-6475, аспирант<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-1597-8867, доцент, кандидат технических наук,

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

**ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВА ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ  
(ОБЗОР)****Аннотация**

Сущность аналитического подхода заключается в анализе простых составляющих, из которых состоит сложный объект. В статье представлен обзор исторического развития методов определения состава веществ и материалов. Приведена классификация методов аналитической химии с оценкой точности определения состава веществ. Исходя из принципа измерения, способы определения состава веществ можно разделить на физические, химические и физико-химические. Приведены основные сведения о создании основных методов определения состава веществ и материалов. Для анализа развития методов определения состава веществ и материалов использован системный подход. Построена S-образная кривая развития методов анализа, отражающая точность определения состава веществ и материалов. Любая система в своем жизненном цикле проходит этапы возникновения, расцвета и увядания. На примере ряда методов анализа показано, что для анализа их развития также может быть применен системный подход. Применительно к методам анализа это позволяет установить особенности их развития. Отмечается, что особую актуальность вопросы прогнозирования развития различных систем приобретают на современном этапе развития техники и технологий.

**Ключевые слова:** аналитическая химия, метод анализа, вещество, S-образная кривая.

Bosikova E. Yu.<sup>1</sup>, Polyakova M.A.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-8090-6475, postgraduate student<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-1597-8867, PhD in Engineering

Nosov Magnitogorsk State Technical University

**HISTORICAL DEVELOPMENT OF METHODS OF DETERMINATION OF THE COMPOSITION  
OF SUBSTANCES AND MATERIALS (OVERVIEW)****Abstract**

The essence of the analytical approach is the analysis of simple components a complex object consists of. The article presents an overview of the historical development of methods for determining the composition of substances and materials. The classification of methods of analytical chemistry with an estimate of the accuracy of determining the composition of substances is given. Based on the principle of measurement, the methods for determining the composition of substances can be divided into physical, chemical and physical-chemical. Basic information is given on the creation of basic methods for determining the composition of substances and materials. To analyze the development of methods for determining the composition of substances and materials a systematic approach is used. The S-shaped curve of analysis methods development, reflecting the accuracy of determining the composition of substances and materials is constructed. Any system in its life cycle goes through the stages of origin, dawn and wilting. On the basis of a number of methods of analysis, it has been shown that a systematic approach can also be applied to analyze their development. As for the methods of analysis, this enables establishing the features of their development. It is noted that the issues of forecasting the development of various systems are of particular topicality at the present stage of the technology development.

**Keywords:** analytical chemistry, analytical method, substance, S-curve.

**Введение**

Для исследования любых проблем, касающихся как естественных, так и общественных наук обычно используют аналитический подход, который заключается в том, что проблему сначала расчлняют на более простые составляющие и изучают их по отдельности. Затем после объединения полученных таким путем отдельных решений, проблема может быть постигнута в целом. Анализ состава материалов и веществ выполняют аналогичным образом. Первичная задача анализа вещества заключается в установлении природы и количества химических компонентов, присутствующих в системе. После этого возможно установление состава и строения исходного исследуемого объекта в целом [1].

В настоящее время в аналитической химии применяют разнообразные методы анализа. Для их систематизации используют различные классификационные принципы. В большинстве случаев классификация методов анализа состава веществ и материалов является условной. Сложность упорядочения способов анализа в аналитической химии заключается в сложности однозначной классификации процессов, лежащих в основе того или иного метода.

В аналитической химии обычно выделяют методы пробоотбора, разложения пробы, разделения и концентрирования компонентов, обнаружения компонентов, определения, а также гибридные методы (разделение и определение) [1]. Чаще всего методы определения делят на химические, физические и физико-химические. Причем последние две группы чаще всего объединяют в одну ввиду открытий новых принципов анализа, совершенствования используемой аппаратуры и инструментария, поэтому их все чаще объединяют в одну группу под названием инструментальные методы анализа. Такие методы, в свою очередь, можно разделить на подгруппы на основе используемых эффектов, например, спектральные (оптические), электрохимические, хроматографические и другие. Также среди инструментальных методов существуют способы анализа, которые сложно отнести к той или иной группе, например, термический анализ или колориметрию.



### Материалы и методы исследования

Выбор того или иного метода, а впоследствии и методики проведения анализа зависит от многих факторов. Например, количество пробы для анализа, условия проведения и допустимое время анализа, наличие необходимого оборудования, затраты и др. Важнейшими факторами проведения анализа является точность и чувствительность анализа. Поэтому одной из важных задач, которые необходимо решить при выборе метода анализа, является аналитический обзор характерных особенностей существующих методов и точности определения состава вещества.

### Результаты и обсуждение

В таблице [2], [3], [4] приведены основные способы проведения анализа с краткой характеристикой методов аналитической химии.

Таблица 1 – Характеристики способов проведения анализа для определения состава веществ и материалов

Название метода	Принцип измерения	Год появления	Основатель метода	Точность определения / погрешность результата
Титриметрический метод	Основан на измерении объёма раствора реактива известной концентрации, расходуемого для реакции с определяемым веществом	как метод основан в 1780 гг.	Ф. Декруазиль, Ж. Гей-Люссак, К. Мор, Г. Шварценбах	определение состава вещества до $10^{-6}$
Гравиметрический метод	Основан на измерении массы определяемого компонента, выделенном в виде веществ определённого состава	20-30е гг. XIX века	Т. Бергман (метод осаждения), А. Лавуазье (метод отгонки)	средняя погрешность 0,1 - 0,2%
Капельный анализ	Реакции проводят на фарфоровых или стеклянных пластинках или на фильтровальной бумаге, на которые наносят каплю испытуемого раствора и каплю реактива, вызывающего характерное окрашивание или образование кристаллов	1834 г. 1929 г.	Ф. Рунге Н. Тананаев	чувствительность до $10^{-8}$
Метод растирания порошков	Элемент обнаруживается по образованию при совместном растирании образца с реагентом характерных соединений, отличающихся по цвету или запаху	1898 г.	Ф.М. Флавицкий	определение наличия вещества по цвету либо запаху
Пирохимический метод	Метод обнаружения некоторых химических элементов по различному окрашиванию пламени	Приблизительно XVII век	----	определение наличия вещества по характерному окрашиванию пламени
Эмиссионный анализ	Метод основан на возбуждении атомов исследуемого вещества, диспергировании испускаемого излучения и регистрации положения и интенсивности в спектре пробы спектральных линий, соответствующим электронным переходам	1859 г. 1928 г. 1955 г.	Г. Кирхгоф, Р. Бунзен Ландергард Р. Муньос	предел обнаружения $10^{-3}$ - $10^{-4}$ %
Абсорбционная спектроскопия	Метод основан на измерении степени резонансного поглощения характеристического монохроматического излучения элемента его невозбужденными атомами в газовой фазе	60-ые годы XX века	А. Уолш Б. Львов Массман	предел обнаружения $10^{-5}$ - $10^{-8}$ %
Люминесцентный	Наблюдают или собственное свечение исследуемого образца, или свечение люминофоров, которые вводят в образец	1864 г. 1948 г.	Стокс С.С. Вавилов	обнаружение массы вещества до $10^{-10}$ г

Продолжение табл. 1 – Характеристики способов проведения анализа для определения состава веществ и материалов

Название метода	Принцип измерения	Год появления	Основатель метода	Точность определения / погрешность результата
Вольтамперометрический метод (полярография)	Метод основан на изучении поляризационных и вольтамперных кривых, которые получаются, если при электролизе раствора анализируемого вещества постепенно повышать напряжение и фиксировать при этом силу тока	1922 г.	Я. Гейровский, А.Н. Фрумкин Т.А. Крюкова	определение концентраций элементов до $10^{-8}$ моль/л
Потенциометрический метод	Метод основан на измерении электродвижущих сил обратимых гальванических элементов	1883 г. 1889 г. 1973 г.	Беренд Нернст Б.П. Никольский	погрешность 2 – 10 %
Кулонометрический метод	При прямой кулонометрии анализируемое вещество непосредственно подвергается электрохимическому превращению в кулонометрической ячейке. При кулонометрическом титровании определяемое вещество реагирует с титрантом, который получается в кулонометрической ячейке при электролизе специально подобранного раствора	приблизительно 1940 г.	Л. Сабелледи, З. Шамодьи, С.М. Захарьевский, Ф.Ф. Тришин, М.Т. Козловский	точность 0,1-0,001%, чувствительность до $10^{-8}$
Кондуктометрический метод	Метод основан на изучении зависимости между электропроводностью раствора и концентрацией ионов в этом растворе. Аналитический сигнал является функцией концентрации заряженных частиц в объеме раствора	1923 г.	И.И. Кольтгоф	относительная погрешность 0,1-2%
Хроматографический метод	Основан на многократном распределении веществ между двумя фазами — неподвижной (твердая фаза или жидкость, связанная на инертном носителе) и подвижной (газовая или жидкая фаза, элюент)	1903 г.	М.С. Цвет	предел обнаружения при использовании высокочувствительных детекторов составляет $10^{-10}\%$
Рентгеноструктурный анализ	В основе данного метода лежит явление дифракции рентгеновских лучей на трёхмерной кристаллической решётке	1912 г. 1913 г. 1916 г.	М. Лауэ, В. Фридрих и П. Книппинг У. Л. Брэгг П. Дебай, П. Шеррер	устанавливает координаты атома с точностью до 0,1-0,01 нм
Рентгенофлуоресцентный анализ	Атомы в пробе возбуждаются рентгеновским излучением и испускают характеристическое рентгеновское излучение.	1928 г. 1948 г.	Глокер и Шрайбер, Фридман и Беркс	точность 0,001%.
Инфракрасная спектроскопия	Длины волн, при которых наблюдается максимальное поглощение ИК-излучения веществом, свидетельствуют о наличии в молекулах образца тех или иных функциональных групп	1800 г. 1882 - 1900 гг. 1903 г.	Уильям Гершель У. Эбни и Э. Фестинг Уильям Кобленц	измерения проводят в диапазоне 2,5 - 16 мкм



Окончание табл. 1 – Характеристики способов проведения анализа для определения состава веществ и материалов

Название метода	Принцип измерения	Год появления	Основатель метода	Точность определения / погрешность результата
Термический анализ	Метод основан на регистрации тепловых эффектов, сопровождающих превращения веществ в условиях программирования температуры	1887 г. 1923 г.	Ле-Шателье Аустен, Валлах Хоулдсворс и Кабб	погрешность составляет 5-10%
Колориметрический метод	Метод количественного определения содержания веществ в растворах по интенсивности их окраски, которая пропорциональна концентрации окрашенного вещества в растворе и толщине его слоя	Конец XVIII 1870 г.	В.М. Севергин Дюбоск	точность от 0,1 - 1,0%
Масс-спектрометрический метод	Метод основан на ионизации молекул изучаемого вещества (аналита) с последующим разделением ионов по величине отношения массы к заряду и детектированием	1912 г.	Дж. Дж. Томсон	точность определения $\pm 100$ ppm

Как известно, любая система проходит этапы возникновения, расцвета и увядания. Графическое выражение развития любых систем представляет собой S-образную кривую. Впервые формулу S-образной кривой вывел бельгийский математик Пьер Ферхюльст для описания численности населения, и назвал кривую логистической [5, 6]. Большой вклад в развитие подхода внес Раймонд Перл, применивший его для описания изменений численности популяций организмов и численности населения. Генрих Альтшуллер связал кривую с количеством и качеством изобретений, появляющихся в процессе жизни технической системы. В настоящее время S-образная кривая применяется не только для изучения динамики развития систем, но также для решения задач прогнозирования [6]. На рисунке представлена графическая интерпретация развития методов аналитической химии.

Применительно к методам анализа данный подход позволяет установить особенности их развития. На этапе становления способ определения вещества имеет множество недостатков. Факторы развития на первом этапе основаны на энтузиазме либо одного, либо группы ученых, которые разрабатывают метод и пытаются его усовершенствовать имеющимися у них ресурсами. Факторами торможения являются недостаток ресурсов, сопротивление надсистемы и окружающей среды.

Например, атомно-эмиссионная спектроскопия как метод анализа развивался довольно длительное время. Исаак Ньютон еще в 1666 году с помощью призмы разложил солнечный свет на окрашенные составляющие, Томас Малвилл в 1752 году сообщил о наблюдении спектра пламени. Шотландский рабочий У. Тэлбот для изучения спектра пламени изготовил прибор – спектроскоп (1826 год). Первое фотографирование спектра осуществил в 1840 году Дж. Гершель. Однако истинными создателями спектрального анализа считаются Г. Кирхгофф и Р. Бунзен [3]. В 1859 году они активно развивали технику спектрального анализа и внесли существенный вклад в его изучение, их работы приходились на время научно-технического прогресса и были востребованы в науке и промышленности. То есть понадобилось двести лет для того, чтобы спектроскопия как метод анализа состава вещества начала развиваться и получила применение.

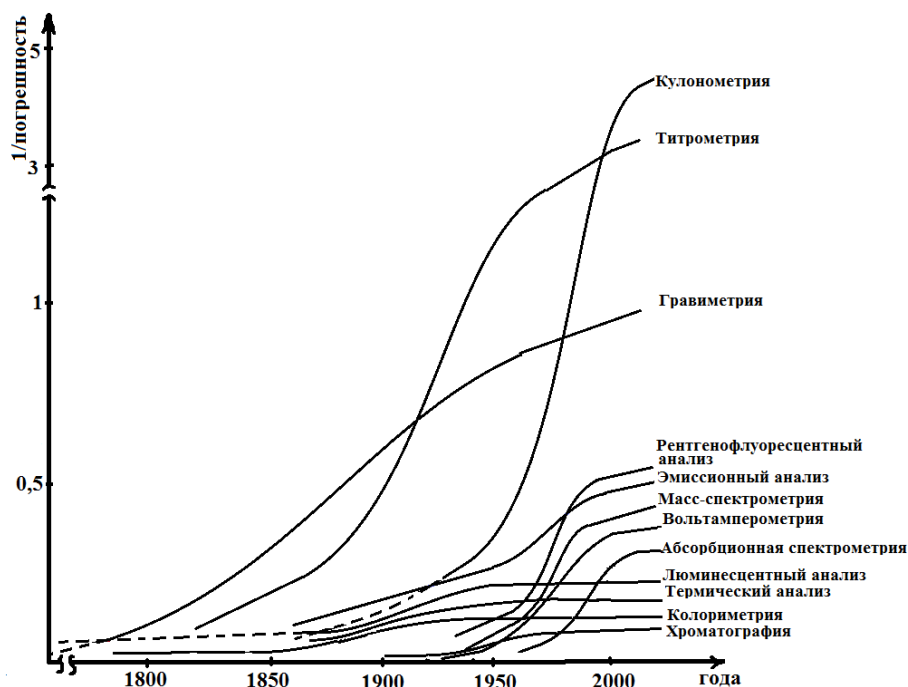


Рис. 1 – S-образные кривые развития методов анализа аналитической химии

После этапа возникновения наступает следующий этап – этап интенсивного развития системы с быстрым ростом ее параметров. Метод быстро совершенствуется и развивается. Например, масс-спектрометрия, открытая в 1912 году Дж. Томсоном, начала активно развиваться в годы Второй мировой войны, когда понадобился изотопный анализ, и необходимо было определять состав урана. Хроматография, открытая в 1903 году М.С. Цветом, в течение нескольких десятилетий не привлекала всеобщего внимания, пока данным методом не заинтересовались немецкие и швейцарские ученые (Р. Кун, А. Винтерштейн, Е. Ледерер), занимавшиеся главным образом химией биологически активных веществ [3].

К концу этапа развития появляются новые, тормозящие факторы развития системы [5]. Исчерпываются резервы развития концепции системы, например, появляются другие, более совершенные методы. Наступает третий этап – этап увядания старой системы. На данном этапе, как правило, метод определения состава вещества не исчезает вовсе, а занимает свою конкретную нишу, при этом далее не развивается, либо развивается крайне незначительно. Что и произошло, например, с методом электрогравиметрии, открытым в 1864 году У. Гиббсом. На данный момент электрогравиметрия применяется в аналитических лабораториях крайне редко, так как его вытеснил другой электрохимический метод, также основанный на исследованиях Фарадея – кулонометрия.

#### Заключение

Таким образом, теория развития систем позволяет не только провести анализ становления методов определения состава веществ и материалов, но также предпринять попытку прогнозирования их дальнейшего развития [7, 8]. Когда технологические и эволюционные изменения технической системы приводят к улучшению ее характеристик, то дальнейшее ее развитие принимает эволюционный характер. Однако со временем каждое последующее нововведение является все менее и менее эффективным, т.е. всякое принципиально новое направление техники не беспредельно, рано или поздно наступает предел роста результативности системы. Складывается объективная необходимость создания новой системы, основанной на новом принципе действия, перехода на следующую S-образную кривую развития.

#### Список литературы / References

1. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. / Под ред. Р. Кельнера, Ж. Р. Мерме, М. Отто, Г. М. Видмера. В 2-х томах. – М.: Мир, 2004. – 768 с.
2. Золотов, Ю. А. История и методология аналитической химии. / Ю.А. Золотов, В.И. Вершинин. – М.: Академия, 2007. – 464 с.
3. Основы аналитической химии. Кн. 1. / Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2004. – 361 с.
4. Основы аналитической химии. Кн. 2. / Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа, 2004. – 503 с.
5. Коротаев, А. В. Законы истории. Математическое моделирование исторических макропроцессов. Демография, экономика, войны. / А.В. Коротаев, А.С. Малков, Д.А. Халтурина. – М.: КомКнига, 2007. – 224 с.
6. Мартино, Дж. Технологическое прогнозирование. Пер. с англ. / Дж. Мартино. – М.: Прогресс, 1977. – 591 с.
7. Rubin, G. Simulation of technological parameters changing with the satiation effect. / G. Rubin, M. Polyakova, G. Gun. // Proceedings of the 2015 International Conference on Modeling, Simulation and Applied Mathematics. Ed. by M. Gholami, R. Jiwar, A. Tavasoli. – 2015. – Vol. 122. – P. 178-181.
8. Рубин, Г. Ш. Моделирование технологического трансформирования на основе S-образных кривых развития. / Г.Ш. Рубин, М.А. Полякова, Г.С. Гун // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2015. – № 1. – С. 70-75.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Analiticheskaya khimiya. Problemy i podkhody. [Analytical Chemistry. Problems and Approaches]. / Edited by. R. Kelner, Zh. R. Merme, M. Otto, G. M. Vidmer. In 2 volumes. – M.: Mir, 2004. – 768 p.
2. Zolotov Yu. A. Istoriya i metodologiya analiticheskoi khimii [History and Methodology of Analytical Chemistry]. / Yu.A. Zolotov, V.I. Vershynin. – M.: Akademiya, 2007. – 464 p.
3. Osnovy analiticheskoi khimii [Fundamentals of Analytical Chemistry]. Book 1. / Edited by Yu.A. Zolotov. – M.: Vysshaya shkola, 2004. – 361 p.
4. Osnovy analiticheskoi khimii [Fundamentals of Analytical Chemistry]. Book 2. / Edited by Yu.A. Zolotov. – M.: Vysshaya shkola, 2004. – 503 p.
5. Korotaev A. V. Zakony istorii. Matematicheskoye modelirovaniye istoricheskikh makroprotsessov. Demografiya, ekonomika, voyny. [Laws of History. Mathematical Modeling of Historical Macroprocesses. Demography, Economics, Wars]. / A.V. Korotaev, A.S. Malkov, D.A. khalturina. – M.: KomKniga, 2007. – 224 p.
6. Martino Dzh. Tekhnologicheskoye prognozirovaniye [Technological Forecasting]. Translated form English. / Dzh. Martino. – M.: progress, 1977. – 591 p.
7. Rubin, G. Simulation of technological parameters changing with the satiation effect. / G. Rubin, M. Polyakova, G. Gun. // Proceedings of the 2015 International Conference on Modeling, Simulation and Applied Mathematics. Ed. by M. Gholami, R. Jiwari, A. Tavasoli. – 2015. – Vol. 122. – P. 178-181.
8. Rubin G. Sh. Modelirovaniye tekhnologicheskogo transformirovaniya na osnove S-obraznykh krivyykh razvitiya [Modeling of Technological Transformation Based on S-shaped Development Curves]. / G.Sh. Rubin, M.A. Poliakova G.S. Gun // Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov. – 2015. – No.1. – P. 70-75.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.010>**Веселова Н.М.<sup>1</sup>, Нехорошев Д.Д.<sup>2</sup>, Меликов А.В.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Кандидат технических наук, доцент, Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград<sup>2</sup>Кандидат технических наук, доцент, Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград<sup>3</sup>Кандидат технических наук, доцент, Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград**ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СУШКИ ЗЕРНА ЗА СЧЕТ СРЕДСТВ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ***Аннотация*

*В работе была предложена конструкция солнечной сушильной установки, которая позволит снизить затраты на энергетическое топливо. Разработан способ снижения энергетических затрат сушки зерновых культур с применением солнечной энергии. Рассматривается целесообразность применения солнечной сушильной установки как дополнительный агрегат, устанавливаемый в полевых условиях для первичной обработки зерна. Данная установка предназначена для полевых условий работы в период солнечного дня и является дополнительным агрегатом в системе первичной обработки зерна. Наибольший эффект в данной установке достигается (улучшение качества семенных материалов) за счет использования солнечной энергии для создания сушильного агента определенного потенциала. Такая установка обеспечивает экологическую чистоту процесса сушки зерна, малые первичные капитальные затраты и может быть рекомендована для использования в условиях Южного федерального округа.*

**Ключевые слова:** первичная обработка зерна, возобновляемые источники энергии, солнечный потенциал энергии, солнечные сушилки, энергосбережение.

**Veselova N.M.<sup>1</sup>, Nekhoroshev D.D.<sup>2</sup>, Melikov A.V.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>PhD in Engineering, Associate professor, Volgograd State Agrarian University, Volgograd<sup>2</sup>PhD in Engineering, Associate professor, Volgograd State Agrarian University, Volgograd<sup>3</sup>PhD in Engineering, Associate professor, Volgograd State Agrarian University, Volgograd**ENERGY INSTALLATION FOR DRYING GRAIN USING SOLAR ENERGY***Abstract*

*In this work the design of solar drying installation which will allow to lower expenses for power fuel has been offered. A method to reduce the energy costs of drying grain crops using solar energy has been developed. The expediency of using a solar drying installation as an additional unit installed in the field for primary grain processing is considered. This unit is designed for field working conditions during the sunny day and is an additional unit in the primary grain processing system. The greatest effect in this installation is achieved (improving the quality of seed materials) by using solar energy to create a drying agent of a certain potential. Such an installation ensures the ecological purity of the drying process of grain, small primary capital costs and can be recommended for use in the conditions of the Southern Federal District.*

**Keywords:** primary grain processing, renewable energy sources, solar energy potential, solar dryers, energy saving.

**Сушка** зерна в период послеуборочной обработки – наиболее эффективное средство обеспечения его сохранности. Применяемые в настоящее время способы сушки зерна благодаря внедрению автоматических средств и систем и применением прогрессивных режимов обеспечивают высокую производительность сушильного оборудования и требуемые показатели качества зерна. В то же время существующие системы первичной обработки зерна имеют в своем составе энергоемкие технологические процессы. Резкое повышение цен на энергоносители поставило задачу рационального использования агрегатов по первичной обработке зерна. Высокая энергоемкость сушильных агрегатов, не малые затраты энергетического топлива и электроэнергии, все это создает предпосылки для разработки способа повышения энергоэффективности первичной обработки зерна.

Возобновляемые источники энергии позволяют заменять энергетическое топливо в тепловых технологических процессах. Наиболее перспективным источником здесь может выступать солнечная энергия. Районы выращивания зерновых культур имеют достаточно высокий потенциал солнечной энергии, в среднем в них продолжительность солнечного сияния составляет 2000 ч.

В предложенной работе рассматривается целесообразность применения солнечной сушильной установки как дополнительный агрегат, устанавливаемый в полевых условиях для первичной обработки зерна. Данная комбинация оборудования позволит избежать затраты на энергетическое топливо, что делает солнечную сушильную установку экономически выгодной перед рядом установок, работающих на дизельном топливе, природном газе, сжиженном газе, где затраты на топливо составляют около 20% от общих затрат. Работа установки на солнечной энергии делает ее экологически безопасной для окружающей среды. Она достаточно надежна и практически не требует технического обслуживания по сравнению с существующими сушильными агрегатами, в которых затраты на обслуживание достигают 11% от общих. Наибольшим эффектом в данном агрегате является облегченный и не занимающий много времени процесс на подготовку зерна к длительному хранению, это позволяет произвести передачу зерна с поля на склад длительного хранения с минимальными потерями, значительно сокращая потери зерна в период уборки урожая. При этом значительно повышается качество зерна, что приводит к повышению цены на данный вид продукции.

В целом результаты работы представляют интерес для развития агропромышленного комплекса, особенно для небольших фермерских хозяйств занимающихся выращиванием зерна.

В области использования солнечной энергии для тепловых технологических процессов было проведено множество отечественных и зарубежных исследований. Так, например, под руководством академика НАН Белоруссии М.М. Севернева разработан разборный гелиовоздухоподогреватель для сушки растительных материалов [1, С. 46]. Казахские ученые рассматривали возможность использования фотоэлектрических панелей для работы электрокалорифера в сушильной камере зерна [2, С. 274]. В своей книге Джон Дьюфай и Уильям Бекман «Тепловые солнечные установки» подробно рассматривает возможности использования солнечной энергии для различных технологий, в том числе и для сушки зерновых культур [3, С. 842]. Американским ученым Абдурахманом Хамди был разработан солнечный подогреватель воздуха секстантской формы позволяющий регулировать выходную температуру теплоносителя [4, С. 943], который мог бы использоваться для сушильной установки. В работе индийских ученых Л. М. Бал, С. Сатья, С.Н. Найк рассматривается сушильная установка для сельскохозяйственных продуктов с накопителем [5, С. 2305]. Более подробно влияние геометрии, угла наклона и скорости потока воздуха в солнечном подогревателе на выходные характеристики теплоносителя исследовалось автором Афак Джасим Махмудом [6, С. 68]. Таким образом, можно отметить, что, несмотря на разнообразие способов получения теплоносителя необходимого потенциала для сушки зерна с использованием солнечной энергии, существующие технологии еще недостаточно эффективны, а конструкции довольно громоздкие и дорогостоящие, в то же время они уже позволяют значительно снижать энергозатраты.

В сельскохозяйственном производстве для сушки зерновых культур используется конвективная сушка, которая осуществляется преимущественно в шахтных, барабанных и рециркуляционных типах сушилок. [7, С. 39]. Все существующие зерносушильные агрегаты имеют высокую энергоемкость (большие затраты тепловой и электрической энергии), о чем свидетельствуют их технические характеристики. [8].

Затраты на энергоносители при сушке в общей себестоимости зерна могут достигать до 24 %. Имеющийся зарубежный опыт в использовании солнечных установок для тепловых технологических процессов достаточно широк и может быть использован для создания комбинированных систем энергообеспечения сельскохозяйственных производств. Комбинированные системы на основе солнечных нагревательных установок могут повысить энергоэффективность процесса сушки в 1,2 – 1,3 раза. [9].

По данным статистики 2014 года больше всех произведено пшеницы в Южном федеральном округе – 18522,9 тыс. тонн. Места в производстве зерна распределились среди регионов в 2015 году так: 1 место Краснодарский край, следующий Ростовская область и наконец Ставропольский край и т.д. [10]. Таким образом, можно сделать вывод, что имеющийся потенциал солнечной энергии в районах выращивания зерновых культур достаточен для его использования в тепловых процессах сушки зерна.

Рассматриваемая солнечная сушилка представляет собой комплекс устройств, в который входит: бункер-дозатор, транспортер-адсорбер, солнечный воздушно-подогреватель (рис.1). Для электрообеспечения привода вентилятора и транспортера можно использовать фотоэлектрические преобразователи.

Бункер-дозатор 1 должен обеспечивать необходимую производительность сушилки и равномерно распределять зерно на ленте колосниковой решетки. Решетка имеет длину 5 метров и ширину 1 метр она имеет перфорацию для возможности размещения на ней зерна, таким образом, чтобы зерно не проваливалось, и не было допускания псевдооживленного или витающего слоя, что позволит производить первичную сушку 36 килограмм зерна за 1 минуту, т.е. 600 грамм зерна в секунду. Это позволяет солнечный день за 8 часов сушить более 17 тонн продукции. Для увеличения аккумуляции теплоты, внутри транспортера-адсорбера расположен змеевик с водой.

Солнечная сушилка работает следующим образом. Чистый воздух засасывается вентилятором на высоте примерно 2 м и подается в воздушную солнечную панель, где нагревается за счет солнечного излучения до температуры 50-55°C, при такой температуре зерно не теряет своих свойств. Далее подогретый воздух проходит в собственно сушилку, где протекая через колосники циркулирует в верхней части сушилки забирая влагу у зерна и не давая ей сконденсироваться за счет вторичного подогрева от солнечной радиации и от трубчатого змеевика. Насыщенный влагой воздух удаляется из отверстия, расположенного вблизи бункера-дозатора.

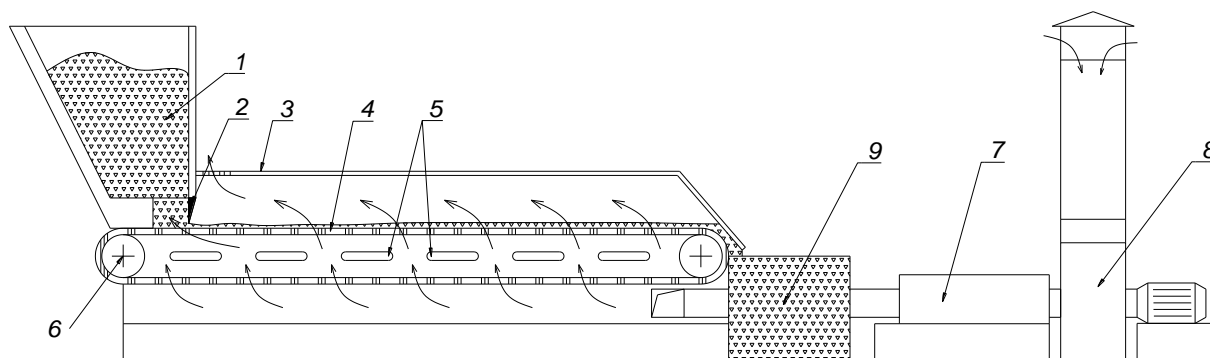


Рис.1 – Схема солнечной радиационно-конвекторной сушилки:

1 – бункер-дозатор, 2 – распределяющий нож, 3 – светопрозрачное покрытие (закаленное стекло), 4 – колосниковая решетка, 5 – змеевик с водой, 6 – вал транспортера, 7 – воздушный солнечный подогреватель, 8 – вентилятор, 9 – приемный бункер

Режимы движения транспортера и подачи воздуха могут автоматически отстраиваются в зависимости от влажности зерна и естественной освещенности.

Планомерный режим работы транспортера осуществляется по показателю ускорения. Так как

$$F = fmg = ma, \quad (1)$$

Для горизонтально расположенной ленты

$$a = fg \quad (2)$$

Необходимо учитывать время  $t$  в течении которого транспортируемый материал приобретает скорость  $v$  полотна, тогда с учетом выражения (1).

$$t = \frac{v}{g(f \cos \beta - \sin \beta)} \quad (3)$$

Путь, пройденный рабочей ветвью транспортера за промежуток времени составит:

$$l = \frac{v^2}{g(f \cos \beta - \sin \beta)} \quad (4)$$

Чтобы материал транспортирования обрел скорость транспортируемого материала, необходимо обеспечить соотношение между длиной рабочей ветви транспортера  $l_p$  и величиной  $l$ .

$$l \leq l_p \quad (5)$$

Расчет выхода сухого зерна, расход воздуха основывался на уравнении баланса масс и уравнении теплового баланса.

Общая продолжительность сушки приближенно вычислялась по формуле:

$$\tau \approx \frac{u_1 - u_p}{N} - \frac{1}{\chi N} [1 + 2,3ig(u - u_p)] \quad (6)$$

где  $u_1$ ,  $u_p$ ,  $u$  – начальное, равновесное и изменяющееся влагосодержание, %;

$N = K / \chi$  – скорость сушки в период падающей скорости, ;

$K$  – коэффициент пропорциональности, зависит от режима сушки;

$\chi = 1,8 / u_1$  – относительный коэффициент сушки.

При заданных значениях начальной  $u_1 = 17\%$  и равновесной  $u_p = u_2 = 15\%$  влажности зерна и коэффициентом скорости  $N = 9\%/ч$  время сушки зерна составило  $\tau = 0,22$  ч или 13 минут.

Количество испаренной влаги из зерна

$$W = G_2 \frac{u_1 - u_2}{100 - u_1} = 36 \frac{17 - 15}{100 - 17} = 0,87 \text{ кг/мин}, \quad (7)$$

где  $G_2 = 36$  кг/мин – производительность сушилки по сухому зерну, кг/мин.

Расход воздуха сушилкой на испарение влаги из зерна

$$L = \frac{W}{\rho_B 0,001(d_2 - d_0)} = \frac{0,87}{1,1 \cdot 0,001(46,8 - 7,4)} = 20,12 \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (8)$$

где  $\rho_B = 1,1$  кг/м<sup>3</sup> – плотность воздуха при температуре сушильного агента 145°C;

$d_0$  и  $d_2$  – влагосодержание воздуха на входе и на выходе в сушильную установку, определялись из построения процесса сушки на  $I, d$ -диаграмме влажного воздуха.

Без учета потерь требуемая тепловая мощность сушильного агента  $Q = 219$  МДж/ч.

#### Список литературы / References

1. Хазимов М.Ж. Определение термического КПД солнечной сушилки / М.Ж. Хазимов // Материалы за VI международная научно-практическая конференция «Образование и наука 21 век-2010». – София: «Бел ГРАД-БГ» ООД, 2010. – Т. 17. – С. 47-51.

2. Умбетбеков А.Т., Абдибаттаева М.М., Танабекова Г.Б., Аманкос Д.А. Использование солнечной энергии при сушке зерновых культур / А.Т. Умбетбеков, М.М. Абдибаттаева, Г.Б. Танабекова, Д.А. Аманкос // Вестник Казахского научно технического университета им. К.И. Сатпаева. Технические науки – Казахстан. Каз.НТУ, 2015. – №5. С. 273-277.

3. John A., William A. Beckman Solar engineering of thermal process./ A John, A.William // 4th Edition. New York: John Wiley and Sons, 2013. – 936 p.

4. Homadi A M. Investigation on Choosing the Suitable Geometry of the Solar Air Heater to Certain Conditions. / A M. Homadi // World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering Vol:10, No:9, 2016. – 1179 p.
5. Bal L M., Satya S., Naik S.N. Solar dryer with thermal energy storage systems for drying agricultural food products/ L M. Bal, S Satya, S.N. Naik // Sust. Energy Rev., 2010, vol. 14, P. 2298-2314.
6. Mahmood A. J. Experimental Study of a Solar Air Heater With A New Arrange-ment of Transverse Longitudinal Baffles / A. J. Mahmood // Journal of Solar Energy Engineering vol. 139(3), Feb., 2017.
7. Чумаков, В. Г. Зерносушилки и направления их развития / В. Г. Чумаков, А. С. Жанахов // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству», посвящ. 100-летию со дня рождения И. Е. Ульямана. – Челябинск, 2008. – Ч. 3. – С. 38–42.
8. Российский агропромышленный сервер [Электронный ресурс] – Электрон. дан. URL: <https://voronezh.agroserver.ru/zernosushilki/>, свободный. (дата обращения: 20.08.2016).
9. Зерносушильное оборудование. Сайт завода-изготовителя Alvan Blanch [Электронный ресурс] – Электрон. дан. URL: <http://www.alfatreid.ru/catalog/zernosushilnoe-oborudovanie/>, свободный. (дата обращения: 14.05.2016).
10. Журнал Агроинвестор [Электронный ресурс] – Электрон. дан. URL: <http://www.agroinvestor.ru/regions/article/22996-regiony-lidery-po-sboru-zerna/>, свободный. (дата обращения: 18.06.2016).

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Gasimov M. J. Opredelenie termicheskogo KPD solnechnoj sushilki [Determination of thermal efficiency of solar dryer] / M. J. Gasimov // Materialy za VI mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Obrazovanie i nauka 21 vek-2010». – Sofija: «Bel GRAD-BG» OOD [Materials of VI international scientific-practical conference "Education and science of the 21st century-2010". Sophia: "Bel GRAD-BG" LTD].- 2010. -Vol. 17. –P. 47-51.
2. Umbetbaev A. T., Abdybachaev M. M., Danabekova G. B., Amankos D. A. Ispol'zovanie solnechnoj jenergij pri sushke zernovyh kul'tur [the Use of solar energy for drying of crops / A. T. Umbetbaev, M. Abdybachaev, G. B. Danabekova and others // Vestnik Kazahskogo nauchno tehničeskogo universiteta im. K.I. Satpayeva. [Bulletin of Kazakh scientific and technical University. K. I. Satpayev. Technical science of Kazakhstan. KAZ.NTU], 2015. – No. 5. – P. 273-277.
3. John A., Beckman William A. Solar engineering of thermal process./ A John, A. William // 4th Edition. New York: John Wiley and Sons, 2013. – 936 p.
4. Homadi A M. Investigation on Choosing the Suitable Geometry of the Solar Air Heater to Certain Conditions. / A M. Homadi // World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering Vol:10, No:9, 2016. – 1179 p.
5. L M. Bal, Satya S., Naik S. N., Solar dryer with thermal energy storage systems for drying agricultural food products/ L M. Bal, Satya S, Naik S. N. // Sust. Energy Rev., 2010, vol. 14, P. 2298-2314.
6. Mahmood A. J. Experimental Study of a Solar Air Heater With A New arrangement of Transverse Longitudinal Baffles / A. J. Mahmood // Journal of Solar Energy Engineering vol. 139(3), Feb., 2017.
7. Chumakov, V. G. Zernosushilki i napravlenija ih razvitija [Dryers and directions of its development] / V. G. Chumakov, A. S. Anakhov // Materialy Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. «Dostizhenija nauki – agropromyshlennomu proizvodstvu», posvjashh. 100-letiju so dnja rozhdenija I. E. Ul'mana. [Materials of Intern. scientific.-tech. Conf. "Advances in science agro-industrial production", internat. The 100th anniversary of the birth of I. E. of Ulm. – Chelyabinsk], 2008. – Part 3. – P. 38-42.
8. Rossijskij agropromyshlennyj server [Russian agricultural server] [Electronic resource] – Electron. Dan. URL: <https://voronezh.agroserver.ru/zernosushilki/> free. (accessed: 20.08.2016). [in Russian]
9. Zernosushil'noe oborudovanie. Sajt zavoda-izgotovitelja Alvan Blanch [Grain drying equipment. The website of the manufacturer, Alvan Blanch] [Electronic resource] – Electron. Dan. URL : <http://www.alfatreid.ru/catalog/zernosushilnoe-oborudovanie/> free. (accessed: 14.05.2016).
10. Zhurnal Agroinvestor [The magazine Agroinvestor] [Electronic resource] – Electron. URL: <http://www.agroinvestor.ru/regions/article/22996-regiony-lidery-po-sboru-zerna/> free. (accessed: 18.06.2016). [in Russian].

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.096>

Гуляев Т.М.

ORCID: 0000-0001-7604-1819, Аспирант,

кафедры «Автоматы» Института металлургии, машиностроения и транспорта  
Санкт-Петербургского государственного политехнического университета им. Петра Великого**ЭЛЕКТРОВЕЛОСИПЕД В КАЧЕСТВЕ ТРЕНАЖЁРА****Аннотация**

*В данной статье автор обосновывает необходимость контроля уровня нагрузки, оказываемой на организм людей преклонного возраста, во время регулярных велопрогулок. Проведён краткий анализ на тему, предоставляют ли подобную возможность существующие на данный момент обычные или электро-велосипеды. Приводится сравнение медицинских велотренажёров, велосипедов и велосипедов с электроприводом, анализируются различия в их функциональных задачах. Автор обосновывает факт непригодности велосипеда для проведения реабилитационных занятий и предлагает собственное аппаратное решение для поставленной задачи. В статье описывается основной алгоритм работы этого устройства и теоретический расчёт его эффективности.*

**Ключевые слова:** велотренажёр; электровелосипед; велосипед; здоровье; лечебно-спортивная реабилитация; фитнес; электромотор; мотор-колесо.

Gulyaev T.M.

ORCID: 0000-0001-7604-1819,

Postgraduate student of the

"Automatics" department, Institute of Metallurgy, Machine Building and Transport,  
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.**ELECTRIC BICYCLE AS A MEDICAL EXERCISE MACHINE****Abstract**

*The author justifies the need to control the level of stress exerted on the bodies of elderly people during regular cycling in the paper. A brief analysis has been carried out on whether such a possibility is provided by conventional or electric bicycles being currently used. The comparison of medical exercise bicycles, bicycles and bicycles with electric drive is given, the differences in their functional tasks are also analyzed. The author justifies the fact that the bicycle is not suitable for rehabilitating classes and offers its own hardware solution of this problem. The article describes the basic algorithm for the operation of this device and the theoretical calculation of its effectiveness.*

**Keywords:** exercise bicycle; electric bicycle; bicycle; health; medical and sports rehabilitation; fitness; electric drive; motor-wheel.

**Введение** Людям преклонного возраста, а также людям, находящимся в процессе реабилитации после перенесённых травм или тяжёлых заболеваний (диабет, перенесённый инсульт, хронические болезни сердца) регулярные физические нагрузки критически необходимы для предотвращения ухудшения состояния, поддержания жизненных сил.

Но с другой стороны, чрезмерные физические нагрузки, при подобных обстоятельствах могут опасны для здоровья и жизни тренирующегося. Велосипед для пожилых, ослабленных после инсульта или страдающих пороком сердца в качестве тренажёра не подходит - поскольку в случае подъёма в гору или езды по пересечённой местности, нагрузка на пользователя может резко возрасти до критического или недопустимого уровня, как показывают исследования [1, С. 20-24].

Для подобных случаев были разработаны специальные спортивные снаряды: велотренажёры, беговые дорожки, лыжные симуляторы и пр. Технические задачи этих устройств одинаковы – обеспечение точно контролируемого уровня физической нагрузки и частичный мониторинг состояния организма пользователя. Такой эффект достигается методом комбинирования в тренажёре электронно-цифрового устройства управления (микроконтроллер, ARM), и механических узлов, использующих различные законы физики (гидравлику, законы механики, электромагнетизм). Специалисты здравоохранения рекомендуют регулярное использование велотренажёра в качестве нагрузки на опорно-двигательный аппарат, для поддержания его здорового функционирования. Особенно рекомендуются регулярные тренировки на велотренажёре лицам преклонного возраста или ведущим малоподвижный образ жизни в силу своей профессии.

К недостаткам велотренажёров можно отнести:

- *крупные габариты* – велотренажёры как правило много весят или крепятся к полу стационарно, с помощью врезанных в пол анкерных болтов;
- *стационарность* – перемещать тренажёр довольно сложно, в случае стационарной установки, снаряд невозможно переместить без специальных инструментов.

**Цель исследования** Целью исследования является создание мобильного тренажёра, на базе электровелосипеда, путём добавления возможности контроля уровня физической нагрузки на организм, во время передвижения. Это позволит использовать получившееся устройство для проведения лечебно-профилактических занятий физически ослабленных пациентов, ежедневных тренировок людей преклонного возраста и выполнения различных фитнес-программ на открытом воздухе.

**Обзор предметной области** Электровелосипед – одна из разновидностей персонального электротранспорта, представляет собой велосипед с электрическим приводом, который частично или полностью обеспечивает его движение. Его отличительной особенностью является возможность использования в качестве движущей силы как электропривод, так и мускульную силу ног водителя. В отличие от электроскутера или мотоцикла, электровелосипед может приводиться в движение педалями. Существующие на рынке электровелосипеды, не имеют методов

отслеживания и учёта таких показателей, как частота пульса и уровень артериального давления пользователя. Электровелосипеды предлагают три варианта управления крутящим моментом двигателя:

- *рычаг газа* – функционирует в точности как в конструкции мотоцикла, повышая и понижая обороты при сжатии и разжатии рычага;
- *цифровая панель управления* – подключается к драйверу электродвигателя; на панели с помощью кнопок можно задать точное значение частоты вращения двигателя;
- *PAS («Pedal Assistant» – «Помощь педалированию»)* – способ, при котором на колесе велосипеда устанавливается тахометр, включающий электродвигатель в случае, если пользователь прекратил вращать педали и количество оборотов колеса снизилось.

Электровелосипед не является тренажёром для оздоровительной реабилитации в полной мере и является скорее транспортным средством. Что бы использоваться в качестве снаряда для лечебно-оздоровительных занятий, ему необходима функция контроля уровня нагрузки, оказываемой на наездника.

Алгоритмы разрабатываемого автором устройства позволяют предотвратить возникновение чрезмерной нагрузки на организм, включая в работу установленный на велосипед электродвигатель. Но при этом крутящий момент добавляется плавно, под управлением бортового компьютера, подключаемого к драйверу электродвигателя. Бортовой компьютер позволит задавать более гибкую программу тренировок. PAS – практически удовлетворяет задачам исследования, но на практике электровелосипед оборудованный PAS работает крайне неточно (Pedal Assistant лишь включает и отключает двигатель) – поэтому в качестве тренажёра с выбором уровня нагрузки, данное устройство использовать невозможно.

Во время передвижения на велосипеде, как показывают исследования кинематики велосипеда [2], нагрузка на наездника резко возрастает при:

- движении по зыбкому грунту;
- подъёме в гору;
- движении на высоких скоростях (из-за сопротивления воздуха).

В подобных случаях, бортовая логика устройства, исходя из данных с установленных датчиков, вычисляет точное количество необходимой дополнительной энергии, и подаёт её в передачу устройства, в виде крутящего момента установленного электродвигателя. Генерируемая вспомогательная мощность должна быть равна:

$$\Delta P = P_P - P_3 \quad (1)$$

где  $P_P$  – реальное усилие, необходимое для приведения велосипеда в движение с заданной скоростью, а  $P_3$  – заданный программой тренировок уровень нагрузки.

**Нормативные ограничения** Согласно действующему законодательству Российской Федерации [3, С2], к категории «электровелосипед» относятся только велосипеды, оборудованные электродвигателем (навесным, подключенным к цепной передаче, или мотор-колесом) с номинальной максимальной мощностью, не превышающей 250 Вт в режиме длительной нагрузки, и автоматически отличающимся на скорости более 25 км/ч.

В случае, если номинальная мощность двигателя превышает установленные нормой 250 Вт – транспортное средство определяется, как «электро-мотоцикл \ электро-скутер» и требует от пользователя получения соответствующих водительских прав в ГИБДД РФ. То есть значение дополнительной мощности, предоставляемой на компенсацию дополнительных затрат, ограничено значением

$$\Delta P_{max} = 250 \text{ Вт} \quad (2)$$

где  $P_{max}$  – предельно-допустимое значение мощности электродвигателя.

Найдём зависимость мощности, необходимой для перемещения велосипеда, от скорости его перемещения. Мощность определяется по формуле:

$$P = \frac{mg \cdot L \cdot \sin(\alpha)}{t} \quad (3)$$

Поскольку  $L$  – пройденной расстояние, а  $t$  – время, за которое оно было пройдено, зависимость необходимой мощности от собственной скорости движения велосипедиста имеет следующий вид:

$$v = \frac{L}{t} = \frac{P}{mg \cdot \sin(\alpha)} \quad (4)$$

Построим графики зависимостей мощности необходимой для совершения подъёма по склону, от скорости движения велосипеда, при различных значениях угла  $\alpha$  (10°1, 15°2, 20°3 и 25°4). На графике, заданный уровень нагрузки  $P_3$  установлен на 200 Вт. Значение максимально-допустимого программой тренировки уровня суммарной мощности электромотора и наездника для вычисляется по формуле:

$$P_{Pmax} = P_3 + \Delta P_{max} \quad (5)$$



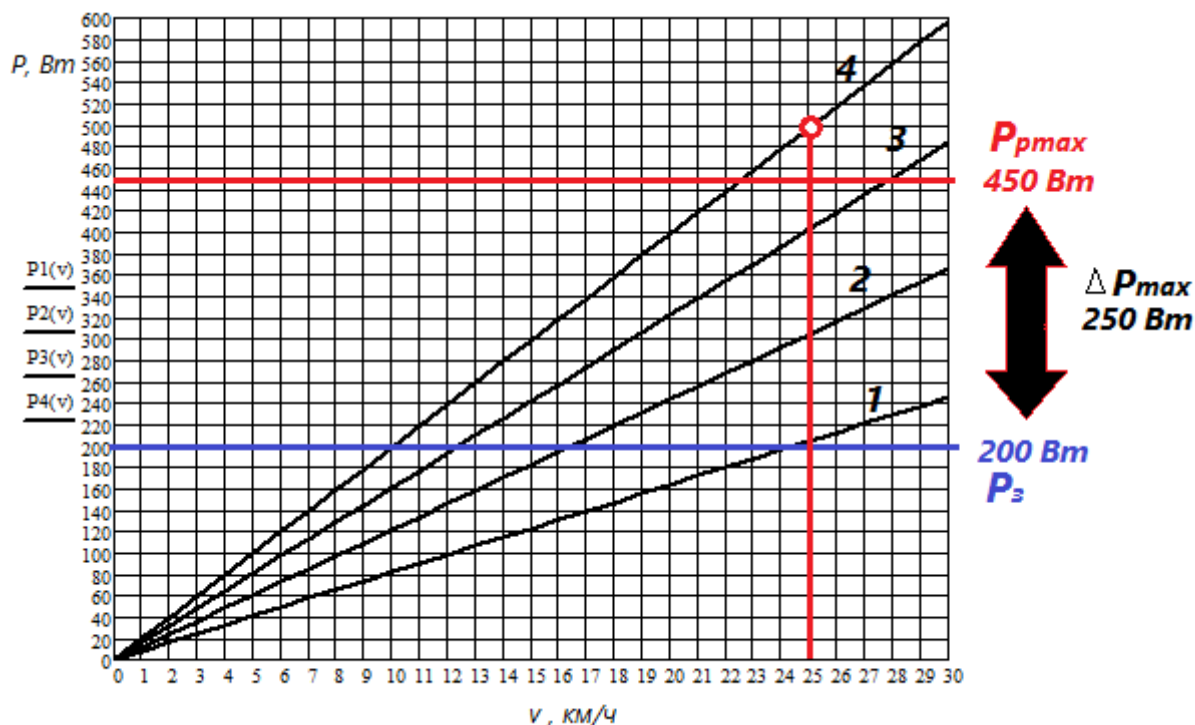


Рис. 1 – Зависимость затрачиваемой мощности (Вт) от скорости перемещения велосипеда (км/ч)

Из графика следует, что для перемещения для подъёма по трассе с уклоном  $25^\circ$  со скоростью  $25 \text{ км/ч}$  мощности электромотора будет недостаточно, и система должна будет оповестить пользователя о том, что он подвергает свой организм перегрузкам, с помощью звукового сигнала, светового индикатора или графического экрана. Длительные перегрузки, согласно медицинским исследованиям [4], способны причинить ослабленному организму непоправимый вред. Разрабатываемая концепция позволит людям со слабым здоровьем наслаждаться велопогулками, которых прежде для них были недоступны, ввиду риска ухудшения здоровья и самочувствия.

**Нагрузка на организм** Проектируемое устройство, как и велотренажёр, относится к классу *кардиотренажёров* – то есть тренажёров, основная нагрузка при работе на которых приходится на сердечно – сосудистую систему пользователя. Кардиотренировка крайне важна для восстановления и поддержания нормального функционирования организма человека, но приносит пользу только в том случае, если человек следит за своим пульсом, относительно его *верхней и нижней границы*. Чтобы высчитать верхнюю и нижнюю границу сердечного пульса, необходимо от 220 (пульс, с которым рождается ребенок) отнять возраст, затем это число умножить на 65% и на 85%. Получившиеся числа — нижняя и верхняя границы пульса, за которые нежелательно выходить во время тренировки.

Для изменения частоты пульса и уровня артериального давления (далее – АД) предлагается использовать кардиобраслет, который не сложно приобрести в виде отдельного носимого устройства или получить в составе функционала смарт-часов. Данные поступающие со смарт-часов или кардиобраслета могут поступать как на смартфон/планшет пользователя, так и на бортовой компьютер электровелосипеда-тренажёра по интерфейсу Bluetooth. Размещение датчиков частоты пульса и уровня АД на руле, подобно конструкции стационарных велотренажёров в нашем случае недопустимо, поскольку предполагает неподвижное состояние ладоней на датчиках, что в условиях езды по оживлённой улице может подвергнуть пользователя риску попадания в аварию.

**Вывод** Модернизация электровелосипеда в тренажёр возможна, путём дополнения конструкции устройства рядом технических решений, которые не существенно повысят себестоимость самого устройства. В дальнейшем автор планирует сконструировать опытный образец электровелосипеда-тренажёра.

#### Список литературы / References

1. Кобяко Ю. П. Концепция нормальной двигательной активности человека/ Ю.П.Кобяко // Теория и практика физической культуры - 2015 - №11(203) – С.20-24.
2. Любовицкий В. П. Кинематика и динамика системы гонщик - велосипед / В. П. Любовицкий // Гонимые велосипеды - 1989 г - С.254-294.
3. Правительство РФ. Пункт в абзац 15. / Правительство РФ // Постановление Правительства РФ от 22.03.2014 N 221 О внесении изменений в постановление Совета Министров - Правительства Российской Федерации от 23 октября 1993 г. - 2014 - № 1090 - С.2.
4. Семёнов В. В., Ананьин У. Ю. Оценка и сравнительный анализ привычной двигательной активности в различных возрастных и социальных группах / В.В. Семёнов, У.Ю. Ананьин// Медицина и охрана здоровья, материалы Международного симпозиума Научный вестник Тюменской медицинской академии - 2002 - №7-8 - С.81.

#### Список литературы на английском / References in English

1. Kobjako Ju. P. Konceptija normal'noj dvigatel'noj aktivnosti cheloveka [The Conception of Regular Human Motion Activity] / Ju.P.Kobjako// Teorija i praktika fizicheskoy kul'tury [The Theory and Practice of Physical Training] - 2015 - #11(203) - P. 20-24. [In Russian]

2 Ljubovickij V. P. Kinematika i dinamika sistemy gonshhik - velosiped [The Kinematics of The Rider/Bicycle System] / V. P. Ljubovickij // Gonochnye velosipedy [Race Bicycles] - published by Mashinostroenie-Leningrad, 1989 - P. 254-294. [In Russian]

3 Russian Federation Government, Pravka v abzac 15 [Changes in the Paragraph 15] // Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 22.03.2014 N 221 O vnesenii izmenenij v postanovlenie Soveta Ministrov - Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 23 oktjabrja 1993 g. [Federal Order #221 of 22 May 2014 'About Implementing Changes in the Russian Federal Law #1090 of 23 October 1993'] - 2014 - P. 2. [In Russian]

4 Semjonov V. V., Anan'in U. Ju. Ocenka i sravnitel'nyj analiz privychnoj dvigatel'noj aktivnosti v razlichnyh vozrastnyh i social'nyh gruppah [Checking Analyzing and Comparing Comfortable Physical Activity Level during Different Ages] // Medicina i ohrana zdorov'ja, materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma Nauchnyj vestnik Tjumenskoj medicinskoj akademii [Medicine and Healthcare - Science News of the Tyumen Medical Academy] - 2002 - № 7, 8 – P. 81 [In Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.062>

Москвичева Е.В.<sup>1</sup>, Сафонова Э.Э.<sup>2</sup>, Тимошенко И.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, <sup>2</sup>Кандидат педагогических наук,

<sup>3</sup>Старший преподаватель,

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого в г. Санкт-Петербург, ВШБиПТ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУКИ ИЗ СЕМЯН РАСТОРОПШИ В ПРОИЗВОДСТЕ БЕЗГЛЮТЕНОВОЙ  
ПРОДУКЦИИ

**Аннотация**

*Изучена возможность и целесообразность использования муки из семян расторопши в производстве бисквитного полуфабриката и исследовано её влияние на потребительские свойства продукции. Проведены исследования органолептических показателей и влажности готовых бисквитных полуфабрикатов. На основании проведенных исследований установлена закономерность изменения органолептических показателей и влажности бисквитных полуфабрикатов в зависимости от содержания муки из семян расторопши и цитрусовых пищевых волокон. Показано, что введение в рецептуру муки из семян расторопши, пищевых волокон и крахмала в соотношении 8:1:0,2 обеспечивает высокие потребительские свойства продукции.*

**Ключевые слова:** мука из семян расторопши, пищевые волокна, бисквит, органолептические показатели качества.

Moskvicheva E.V.<sup>1</sup>, Safonova E.E.<sup>2</sup>, Timoshenkova I.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PhD in Engineering, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPolyTechU),

<sup>2</sup>PhD in Pedagogy, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPolyTechU),

<sup>3</sup>Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPolyTechU)

USE OF FLOUR FROM SEEDS OF HOLY THISTLE IN THE MANUFACTURE OF GLUTEN-FREE  
PRODUCTS

**Abstract**

*The possibility and practicability of using flour from seeds of holy thistle in the production of biscuit semi-finished products was studied as well as its influence on consumer properties of products. The research of organoleptic indices and humidity of finished biscuit semi-finished products was carried out. On the basis of the conducted research, the regularity of change of organoleptic parameters and humidity of biscuit semi-finished products is established depending on the content of flour from seeds of holy thistle and citrus dietary fiber. It is shown that the introduction of flour into the formula of holy thistle, fiber and starch in a ratio of 8:1:0.2 provides high consumer properties of the product.*

**Keywords:** flour from the seeds of holy thistle, dietary fiber, biscuit, organoleptic quality indicators.

В мире сложилась устойчивая тенденция перехода на продукты питания, не содержащие вещества, имеющие медицинские противопоказания. Она обусловлена ростом числа людей, страдающих аллергией, и не переносящих определённые вещества, содержащиеся в традиционных продуктах.

Среди продуктов питания существенную долю занимают продукты, содержащие глютен, являющийся причиной хронического заболевания – целиакии.

В настоящее время пищевая инженерия безглютеновых изделий представляет собой два направления:

- создание продуктов из естественных безглютеновых растительных компонентов это современная система биотехнологий;
- биокатализ, связанный с удалением глютена из исходного сырья, — находится в стадии разработки.

Технологические трудности организации питания заключаются в том, что многие продукты все же содержат какое-то количество глютена. За рубежом во многих странах существует кодекс стандартов (Gluten-Free Foods), регламентирующий предельно допустимую дозу глютена в продуктах [1]. Современные разработки хлебобулочных и кондитерских изделий, не содержащих глютен, основаны на применении муки из лебеды, круп гречихи, риса, семян кукурузы, льна, амаранта, нута [2, 3].

Перспективным направлением создания безглютеновых продуктов является применение добавок из муки или шротов семян расторопши.

Проведенные институтом питания РАМН исследования состава показали, что в состав семян расторопши входят: 17-18 % белка, 10-11 % липидов, в том числе жирные кислоты, представленные в таблице 1

Таблица 1 – Жирные кислоты в составе липидов расторопши

Кислота	Содержание, %
Пальмитиновая	12,37
Стеариновая	4,44
Олеиновая	23,3
Линолевая	55,7
Элеостеариновая	3,1

Актуальными являются исследования в области использования муки семян расторопши в хлебобулочных и кондитерских безглютеновых изделиях.

Исследование хлеба из рисовой муки с добавлением муки из семян расторопши в количестве 10 %, 20 %, 30 % показало снижение влажности хлеба с увеличением содержания муки из семян расторопши. При этом незначительно увеличивалась кислотность хлеба и заметно возросла пищевая ценность. Содержание К и Са в хлебе с расторопшей увеличилось более чем в два раза, содержание Mg – в три раза, Fe – на 58 %. Энергетическая ценность хлеба из смеси рисовой муки и муки из семян расторопши осталась на уровне энергетической ценности хлеба из рисовой муки [4].

Таким образом, в настоящее время при разработке безглютеновых продуктов питания в качестве добавки активно применяется мука из расторопши. Значительная доля исследований и разработок приходится на производство хлебобулочных изделий, а также кисломолочных продуктов.

Целью работы являлась разработка технологии бисквитного полуфабриката с использованием муки из семян расторопши и оценка его качества.

На основании теоретических предпосылок и в соответствии с поставленной целью сформулированы следующие задачи:

- исследовать возможность и целесообразность применения муки из семян расторопши при производстве бисквитных полуфабрикатов;
- изучить влияние пищевых волокон и муки из семян расторопши на качество бисквитных изделий в определенном соотношении;
- провести комплексную оценку качества бисквитных изделий по органолептическим показателям и влажности.

В качестве объекта исследования был выбран бисквит основной (рецептура №1) по сборнику мучных кондитерских и булочных изделий с полной заменой пшеничной муки на смесь муки из семян расторопши, цитрусовых пищевых волокон и картофельного крахмала, приготовленный основным способом без подогрева. При разработке рецептуры варьировалось содержание муки из семян расторопши от 65 до 85% от массы сухой смеси, цитрусовых пищевых волокон от 0 до 35% от массы сухой смеси. Содержание крахмала варьировалось в зависимости от количества других компонентов смеси для достижения её заданной массы.

Кондитерские полуфабрикаты в процессе хранения оценивали по органолептическим (внешний вид, цвет, текстура, запах, вкус, поверхность, мякиш, вид на разрезе, форма) и физико-химическим (пористость, влажность, степень подъёма теста, плотность) показателям. Органолептические показатели определяли с учетом коэффициентов весомости (табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициенты весомости органолептических показателей бисквитных полуфабрикатов

Органолептический показатель	Внешний вид	Цвет	Текстура	Запах	Вкус	Поверхность	Мякиш	Вид на разрезе	Форма
Коэффициент весомости	3,0	1,5	2,5	2,0	3,0	2,0	2,0	1,5	2,5

Для обоснования параметров технологии бисквитных полуфабрикатов с использованием муки из семян расторопши и пищевых волокон реализован центральный композиционный план полного факторного эксперимента (ПФЭ) с использованием дополнительных точек по типу «звезда». В качестве частных факторов оптимизации выбраны соотношение муки из семян расторопши и пищевых волокон (табл. 2) в качестве выходных параметров – органолептический показатель качества и величина выхода полуфабрикатов.

Таблица 2 – Значение частных факторов оптимизации

№, n/n	Содержание муки из семян расторопши, %	Содержание пищевых волокон, %
1	80	10
2	82,5	17,5
3 (контроль)	100	0
4	58	17,5
5	82,5	10
6	75	0
7	90	0
8	65	35
9	90	10
10	82,5	12

На основе экспериментальных данных получены уравнения регрессии, характеризующие зависимость суммарного органолептического показателя ( $Y_1$ ) бисквитного полуфабриката от содержания муки из семян расторопши ( $x_1$ , %) и пищевых волокон ( $x_2$ , %). Уравнение регрессии представлено в виде:

$$Y_1 = -266 + 7,46x_1 + 9,09x_2 - 0,04x_1^2 - 0,1x_1x_2 - 0,06x_2^2, \quad (1)$$

Коэффициент детерминации полученного уравнения регрессии  $R^2$  составляет 0,89, что позволяет говорить о функциональной зависимости суммарного органолептического показателя бисквитного полуфабриката от содержания муки из семян расторопши и пищевых волокон. Скорректированный коэффициент детерминации  $R^2_{adj}$  составляет 0,74, что подтверждает значимость выбранных факторов.

Графическая интерпретация уравнения (1) в виде кривых значений и поверхности отклика приведены на рисунке 1

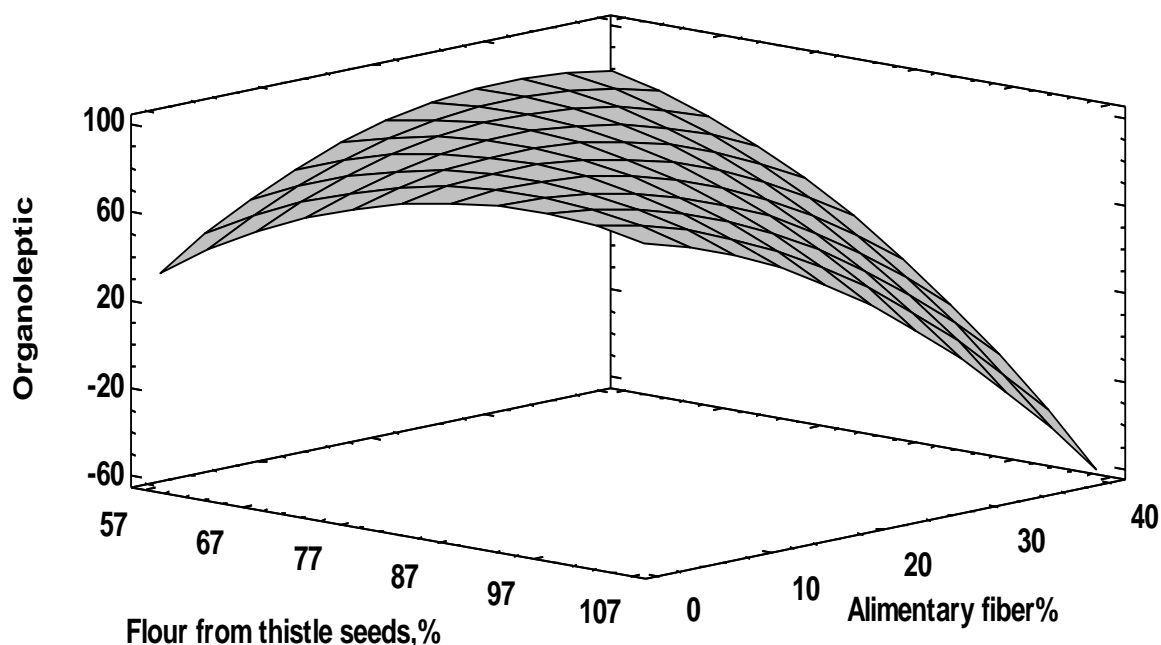


Рис. 1 – График поверхности отклика суммарного органолептического показателя бисквитного полуфабриката от содержания муки из семян расторопши и пищевых волокон

Анализ графика (рисунок 1) показал, что с возрастанием содержания муки из семян расторопши и пищевых волокон до 96% и 1% от массы сухой смеси органолептические показатели бисквитного полуфабриката увеличиваются. С увеличением содержания муки из семян расторопши и пищевых волокон от 96% и 1% от массы сухой смеси, как видно на графике, органолептические показатели начинают снижаться. Таким образом было определено оптимальное содержание муки из семян расторопши и пищевых волокон для изготовления бисквитного полуфабриката с наилучшими органолептическими показателями составило в количестве 95,6% и 1% от массы сухой смеси соответственно, количество крахмала 3,4%.

Одним из важных показателей качества выпеченных изделий является массовая доля влаги. Влажность бисквитного полуфабриката составляет 25-29%. Влажность бисквитных полуфабрикатов на основе муки из семян рапсуса значительно ниже влажности бисквитного полуфабриката из пшеничной муки это связано с низкой водосвязывающей способностью белков семян рапсуса. С увеличением содержания пищевых волокон влажность бисквитных полуфабрикатов возрастает, т.к. пищевые волокна удерживают молекулы воды.

На основе экспериментальных данных получены уравнения регрессии, характеризующие зависимость влажности ( $Y_2$ ) бисквитного полуфабриката от содержания муки из семян рапсуса ( $x_1, \%$ ) и пищевых волокон ( $x_2, \%$ ). Уравнение регрессии представлено в виде:

$$Y_2 = -25,3 + 0,91x_1 + 1,71x_2 - 0,01x_1^2 - 0,02x_1x_2 - 0,01x_2^2, \quad (2)$$

Коэффициент детерминации полученного уравнения регрессии  $R^2$  составляет 0,98, что позволяет говорить о функциональной зависимости влажности бисквитного полуфабриката от содержания муки из семян рапсуса и пищевых волокон. Скорректированный коэффициент детерминации  $R^2_{adj}$  составляет 0,95, что подтверждает значимость выбранных факторов.

Графическая интерпретация уравнения (2) в виде кривых значений и поверхности отклика приведены на рисунке 2.

Анализ графика представленного на рисунке 2 показал, что с увеличением содержания муки из семян рапсуса и пищевых волокон до 58% и 33% от массы сухой смеси, влажность бисквитного полуфабриката возрастанием. С увеличением содержания муки из семян рапсуса и пищевых волокон от 58% и 33% от массы сухой смеси, как видно на графике, влажность полуфабриката снижаться. Таким образом было определено оптимальное содержание муки из семян рапсуса и пищевых волокон для изготовления бисквитного полуфабриката с наибольшей влажностью составило в количестве 57,8% и 32,9% от массы сухой смеси соответственно, количество крахмала 9,3%.

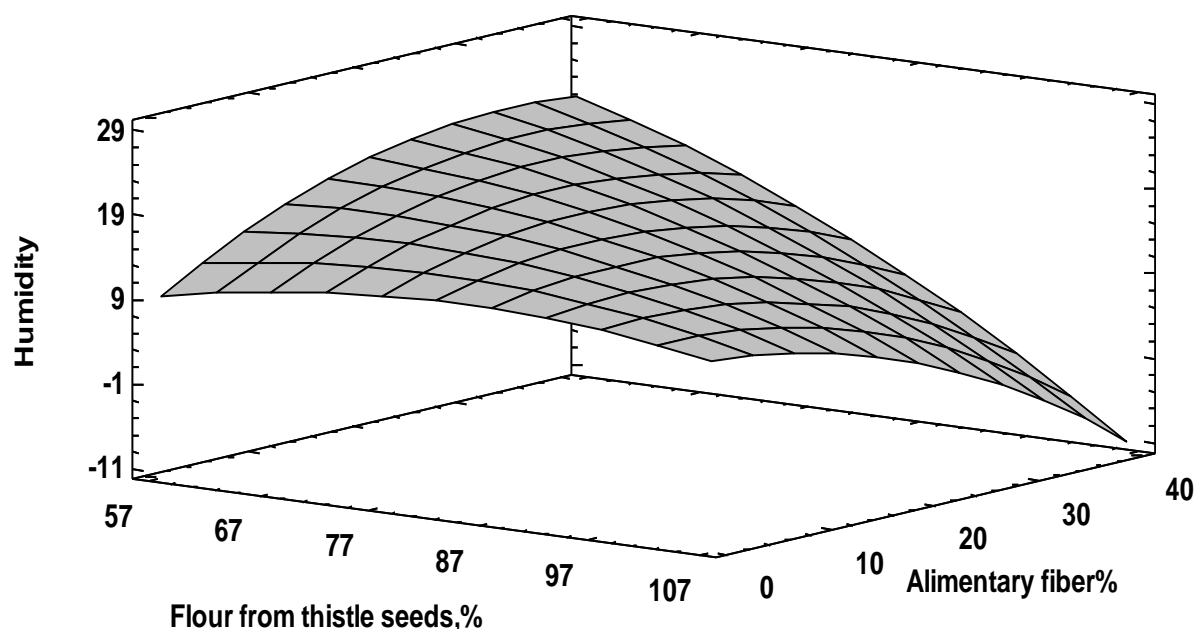


Рис. 2 – График поверхности отклика влажности бисквитного полуфабриката от содержания муки из семян рапсуса и пищевых волокон

Образцы имели хорошую степень подъема, однако почти все из них (кроме образца № 9) после выпекания оседали, что связано с низкой структурообразующей способностью муки. Срезов некоторых образцов бисквитного полуфабриката представлены на рисунке 3.

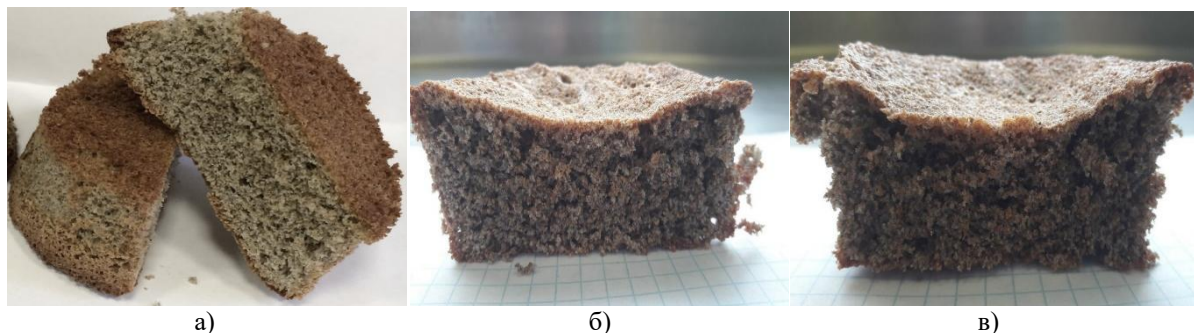


Рис. 3 – Фотографии срезов образцов бисквитных полуфабрикатов (а) образца №9, (б) образца № 3, (в) образца № 2

В результате проведенных исследований установлена целесообразность использования муки из семян рапсуса в качестве сырья для производства бисквитных полуфабрикатов.

По обобщенным результатам обработки экспериментальных и расчетных данных установлены оптимальные параметры содержания муки из семян расторопши –  $87,2 \pm 0,5$  % и пищевых волокон –  $10,5 \pm 0,5$  % от массы сухой смеси, количество крахмала 2,3%.

#### Список литературы / References

1. Draft revised Codex standard for Foods for special dietary use for persons intolerant to gluten, alinorm 08 / 31 / 26, appendix III, report of the 29th session of the codex committee on nutrition and foods for special dietary uses. — Bad Neuenahr-Ahrweiler, Germany, 12 – 16 November 2007.
2. Барсукова Н.В., Решетников Д.А., Красильников В.Н. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий. // Научный журнал НИУ ИТМО – 2011 – № 1 – С.51 – 60.
3. Book of abstracts the Second International Symposium on gluten-free cereal products and beverages, Tampere, Finland, June 8-11, 2010. – 204 p.
4. Журавлева Е.О., Пасько О.О., Козубаева Л.А. Безглютеновый хлеб с мукой из семян расторопши. // Ползуновский вестник – 2016 – № 3 – С. 49 – 52.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Draft revised Codex standard for Foods for special dietary use for persons intolerant to gluten, alinorm 08 / 31 / 26, appendix III, report of the 29th session of the codex committee on nutrition and foods for special dietary uses. — Bad Neuenahr-Ahrweiler, Germany, 12 – 16 November 2007.
2. Barsukova N.V., Reshetnikov D.A., Krasil'nikov V.N. Pishhevaya inzheneriya: tehnologii bezglutenovykh muchnykh izdelij [Food Engineering: Technologies gluten-free bakery products]. // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO [The journal is published by ITMO University (St. Petersburg)] – 2011 – № 1 – P. 51-60 [in Russian]
3. Book of abstracts the Second International Symposium on gluten-free cereal products and beverages, Tampere, Finland, June 8-11, 2010. – 204 p.
4. Zhuravleva E.O., Pas'ko O.O., Kozubaeva L.A. Bezglutenovyy hleb s mukoj iz semjan rastoropshi [Gluten-free bread with thistle seed flour]. // Polzunovskij vestnik [Polzunovsky vestnik] – 2016 – № 3 – P. 49 – 52. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.014>

Сидоров К.С.<sup>1</sup>, Смирнова Ю.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-0395-286X, студент, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»,

<sup>2</sup>Ассистент кафедры информационных технологий, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМА ИЗУЧЕНИЯ КИТАЙСКОГО ЯЗЫКА»

#### Аннотация

*В данной статье представлено комплексное проектирование разработки информационной системы «Онлайн-платформа изучения китайского языка», нацеленной на помощь в изучении китайского языка – и в первую очередь разговорного китайского языка. Продемонстрирована необходимость проектирования такой системы для изучающих китайский язык, а также своевременность её появления в связи с ростом интереса к китайской культуре и языку. Рассмотрены альтернативные решения в предметной области изучения и преподавания иностранных языков и причины, по которым эти решения в той или иной степени не подходят для рассматриваемой предметной области.*

**Ключевые слова:** китайский язык, информационная система, изучение, самообразование, программа, Интернет-ресурс.

Sidorov K.S.<sup>1</sup>, Smirnova Yu.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-0395-286X, student, Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Astrakhan State University",

<sup>2</sup>Assistant of the Information Technologies department, Federal State Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Astrakhan State University".

#### DESIGNING THE INFORMATION SYSTEM "ONLINE-PLATFORM OF STUDYING THE CHINESE LANGUAGE"

#### Abstract

*This article presents a comprehensive design of development of the information system "Online platform for learning the Chinese language", aimed at helping in the study of the Chinese language - and primarily the spoken Chinese language. The need to design such a system for students of the Chinese language, as well as the timeliness of its appearance due to the growing interest in Chinese culture and language are demonstrated. Alternative solutions in the subject area of studying and teaching foreign languages and the reasons why these decisions to some extent are not suitable for the subject domain are considered.*

**Keywords:** Chinese language, information system, study, self-education, program, Internet resource.

На сегодняшний день в мире наблюдается скачок интереса к изучению китайского языка и китайской культуры. Этот интерес к овладению языка отчасти связан с экономическим и политическим ростом Китайской Народной Республики. [1] Государственная политика Российской Федерации поддерживает точку зрения в этом вопросе.

В российских школах вводится изучение китайского языка, проводится Всероссийская олимпиада [2] и даже планируется проведение единого государственного экзамена по данному языку [3].

Кроме того, частные лингвистические центры начинают обращать всё больше внимания на преподавание китайского языка [4], [5]. Помимо того, что в этих центрах открывается всё больше курсов по изучению этого языка [6] и публикуется всё больше методических материалов [7], они также организуют овладение им в среде носителей – к примеру, есть образовательные программы получения среднего образования в китайских учебных заведениях. [8]

Но при всём многообразии возможностей изучения этого языка отсутствуют удобные в использовании онлайн-платформы, способствующие самостоятельному познанию данного языка. Существующие ресурсы, которые содержат учебную и энциклопедическую информацию по лексике и грамматике, не удовлетворяют пользователей, которые хотят овладеть данным языком, так как эти ресурсы не помогают изучать разговорный китайский язык.

Поэтому возникает необходимость всестороннего исследования и разработки образовательного Интернет-ресурса, который облегчит восприятие и, что самое главное, освоение разговорного китайского языка в удобной и интересной для конкретного пользователя форме. Такой формат изучения языка ставит целью не формальное освоение языка, а умение воспринимать информацию на этом языке и использовать его в своих профессиональных или личных целях.

Исследование интереса к изучению китайского языка с помощью онлайн-технологий.

Для исследования интереса по изучению китайского языка была собрана статистика запросов в поисковой системе Яндекс.

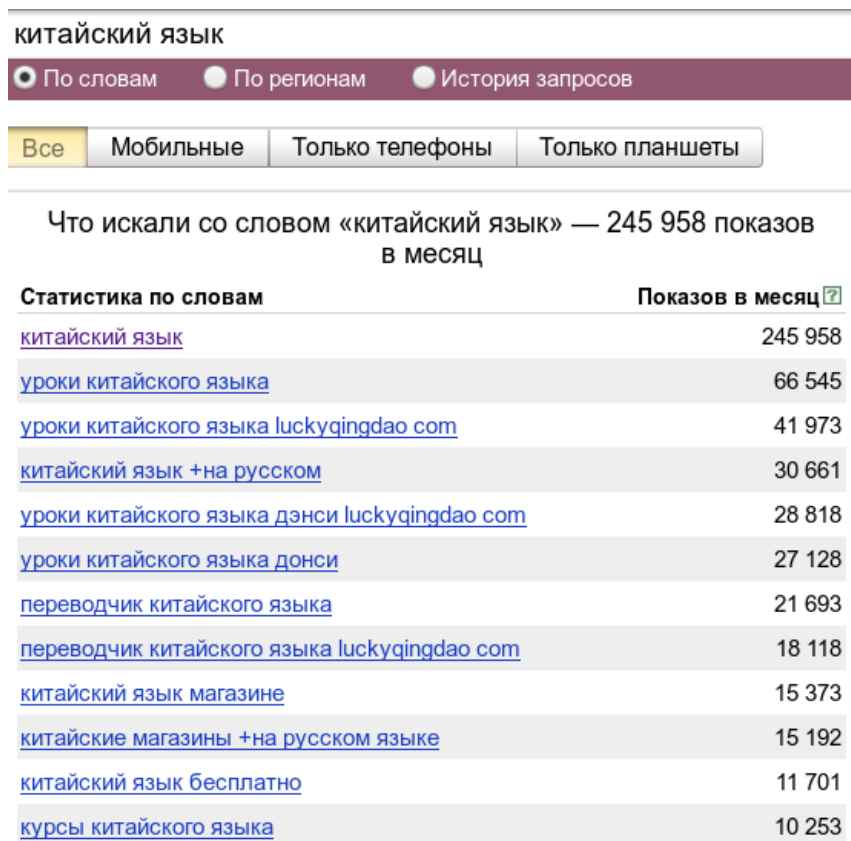


Рис. 1 – Статистика поисковых запросов системы «Яндекс» по ключевым словам «китайский язык»

Анализ запросов (см. рис. 1) показывает значимый интерес русскоязычной аудитории Интернета к теме изучения китайского языка. Видим, что помимо запросов, связанных с сайтом luckyqingdao.com (организация, ранее занимавшаяся техническим переводом с китайского языка, а также публикующая уроки делового китайского языка на YouTube), запросы «уроки китайского языка», «курсы китайского языка», также представляют интерес.

Функциональные характеристики информационной системы

1. Сбор контента. Это – одна из основных функций системы. Поскольку одна из мотивирующих причин построения системы – освоение разговорного языка, то данная система должна быть способна добавлять в базу и использовать в учебных целях разнородные ресурсы – от песен и коротких видео до документальных фильмов.

2. Создание пользовательского глоссария. Неизбежна ситуация, когда при изучении нового контента пользователь не узнает какое-либо слово. В таком случае система должна дать ему возможность выучить (а потом – и повторить) это слово. Поэтому, после того как пользователь пометил слово как «незнакомое», система должна составлять список новых слов для дальнейшего изучения.

3. Распределение слов по категориям. В то время как контент – один из способов изучения лексики, пользователь может захотеть повторить тематическую лексику (например, слова, связанные со спортом, с бизнесом, с едой). В системе будет предусмотрено наличие таких тематических глоссариев, которые можно будет использовать для изучения наравне с новыми словами из аудио/видео материалов, представленных на сайте.

4. Отображение статистики изучения языка. В отличие от описанных выше функций это – не основная функция системы. Тем не менее её наличие очень важно, поскольку хорошая статистика может служить дополнительной мотивацией продолжать изучать язык.



5. Помощь в изучении новых слов. В системе будут предусмотрены разные механизмы повторения новых слов. Помимо стандартных упражнений, таких как «назовите перевод слова на русский язык» или «назовите перевод слова на китайский язык», будут предусмотрены и другие упражнения, нацеленные на другие способы запоминания – например, упражнение «запишите иероглиф по произношению и значению».

6. Помощь в изучении основ грамматики. Хотя уже предусмотрено много ресурсов для изучения грамматики, создание хотя бы базового раздела, посвящённого грамматике, будет полезно, поскольку язык – не только разговорный язык, и грамматические знания всё равно полезны для правильного и качественного построения предложений.

При исследовании предметной области было установлено, что нет прямых аналогов системы, но существуют несколько проектов, похожих по замыслу на предложенную информационную систему. Один из самых известных таких проектов – *LinguaLeo*. Созданный в 2010 году, он уже успел приобрести популярность, в первую очередь в русскоговорящей среде. По утверждениям разработчиков *LinguaLeo*, на сайте зарегистрировано более 13 миллионов пользователей (по состоянию на март 2017 года). Вследствие такого богатого опыта работы в образовательной сфере этот сайт успел обрести массу достоинств, а именно продуманность как оформления сайта, так и методических материалов. Кроме того, за семь лет работы *LinguaLeo* успел обрести большую и разнообразную базу контента на английском языке.

В то время как этот проект успел стать одним из лидеров в сфере изучения английского языка, он обладает очень важными недостатками. Во-первых, он придерживается неэффективной бизнес-модели. Это проявляется, в частности, в том, что лишь 4% обучающихся приносят прибыль проекту при помощи покупки платных аккаунтов. [9]

Другой (и более важный) недостаток этого проекта заключается в том, что он поддерживает только изучение английского языка, хотя уже было указано на то, что интерес аудитории к изучению других языков (в частности, китайского языка) увеличивается.

Ещё один известный проект такого типа – *Animelon*. Этот ресурс предоставляет сходную с *LinguaLeo* функциональность, но для изучения японского языка. Главной отличительной особенностью данного проекта является нацеленность на достаточно узкую целевую аудиторию, а именно на людей, увлекающихся японской анимацией. В то время как это позволяет администрации проекта очень точно выстраивать дизайн, контентную базу и методические материалы, это также влечёт за собой ряд недостатков. Во-первых, японская культура – это не только японская анимация, и поэтому этот сайт не притягивает тех, кто интересуется японским языком и японской культурой, но при этом не является поклонником японской мультипликации. Во-вторых, контентная база не универсальна, и поэтому в итоге на данном ресурсе трудно проработать разнообразные языковые ситуации.

Надо также заметить, что это молодой ресурс – первые упоминания о нём датируются 2016 годом. Поэтому, в отличие от *LinguaLeo*, трудно разумно оценивать возможности и объёмы рынка изучения японского языка по текущим показателям развития *Animelon*. [10]

Последний из рассматриваемых проектов – *Busuu*. Этот проект позиционирует себя как социальная сеть для изучения разнообразных языков. Поддерживаемые языки: английский, испанский, итальянский, португальский, турецкий, арабский, польский, немецкий, русский, японский, *китайский*. В то время как эта идея может быть охарактеризована как интересная и перспективная, её реализация в *Busuu* затрудняет достижение с её помощью главной цели – изучения иностранного языка. Причина в том, что возможности изучения языка для пользователей с бесплатным аккаунтом сильно ограничены. В частности, таким пользователям доступно лишь несколько базовых уроков и упражнений. Поэтому об этом проекте трудно говорить как о доступном широкой аудитории ресурсе для изучения языков. [11]

Завершая проведённый анализ, можно сделать вывод, что на сегодняшний день в мире, где растёт интерес к изучению китайского языка и китайской культуры, нет информационной системы, удовлетворяющей всем требованиям изучающих, поэтому создание описанной информационной системы своевременно и полезно для тех, кто стремится изучить данный язык.

#### Список литературы / References

1. Арасланова Н. Китай и Россия [Электронный ресурс] / Н. Арасланова // Блог «Учу китайский» - URL: <http://учукитайский.ru/articles/kitay-i-rossiya/> (дата обращения: 27.07.2017)
2. Российская Федерация. Приказ Минобрнауки России от 17.12.2015 N 1488 "О внесении изменений в Порядок проведения всероссийской олимпиады школьников, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. N 1252".
3. Рособрназор в 2016 году проведет очередную апробацию ЕГЭ по китайскому языку [Электронный ресурс] // Пресс-центр Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки. – 01.02.2016 – URL: [http://obrnadzor.gov.ru/ru/press\\_center/news/?id\\_4=5448](http://obrnadzor.gov.ru/ru/press_center/news/?id_4=5448) (дата обращения: 27.07.2017)
4. Сайт центра китайского языка «Иероглиф» [Электронный ресурс] – URL: [eroglif.com](http://eroglif.com) (дата обращения: 27.07.2017)
5. Сайт центров изучения восточных языков «Mandarin» [Электронный ресурс] – URL: [mandarinchina.ru](http://mandarinchina.ru) (дата обращения: 27.07.2017)
6. Интенсив «Китайский для новичков и продолжающих» [Электронный ресурс] // Школа китайского языка «Лаоши» – URL: [online.laoshi.ru](http://online.laoshi.ru) (дата обращения: 27.07.2017)
7. Кондрашов С. С. «Китайский с Лаоши: От нуля до HSK 2» / С. С. Кондрашов: Школа китайского языка «Лаоши», 2017
8. Сайт компании MyChina [Электронный ресурс] – URL: [mychina.one](http://mychina.one) (дата обращения: 27.07.2017)
9. *LinguaLeo* запускает новую систему онлайн-обучения английскому языку [Электронный ресурс] // Сайт медиа-холдинга «РБК». – 22.12.2014 – URL: [http://www.rbc.ru/own\\_business/22/12/2014/549291e39a79476302c47844](http://www.rbc.ru/own_business/22/12/2014/549291e39a79476302c47844) (дата обращения: 27.07.2017)



10. Сайт проекта Animelon [Электронный ресурс] – URL: <http://animelon.com/> (дата обращения: 27.07.2017)
11. Сайт проекта Busuu [Электронный ресурс] – URL: <https://www.busuu.com> (дата обращения: 27.07.2017)

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Araslanova N. Kitaj i Rossija [China and Russia] [Electronic resource] / N. Araslanova // Blog «Uchu kitajskij» [Blog “I learn Chinese”] - URL: <http://учукитайский.рф/articles/kitay-i-rossiya/> (accessed: 27.07.2017) [in Russian]
2. Rossijskaja Federacija. Prikaz Minobrnauki Rossii ot 17.12.2015 N 1488 "O vnesenii izmenenij v Porjadok provedenija vserossijskoj olimpiady shkol'nikov, utverzhdenyj prikazom Ministerstva obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii ot 18 nojabrja 2013 g. N 1252". [Russian federation. Decree of Ministry of Education and Science of the Russian Federation from 17.12.2015 N 1488 “On alteration of the procedure of All-Russian school students’ olympiad, approved by the Decree of Ministry of Education and Science of the Russian Federation from 18.11.2012 N 1252] [in Russian]
3. Rosobrnadzor v 2016 godu provedet ocherednuju aprobaciju EGJe po kitajskomu jazyku [Rosobrnadzor will hold another approbation of Unified State Exam on Chinese language] [Electronic resource] // Press-centr Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere obrazovanija i nauki [Press center of the Federal service for supervision in education and science] – 01.02.2016 – URL: [http://obrnadzor.gov.ru/ru/press\\_center/news/?id\\_4=5448](http://obrnadzor.gov.ru/ru/press_center/news/?id_4=5448) (accessed: 27.07.2017) [in Russian]
4. Sajt centra kitajskogo jazyka «Ieroglif» [Website of the Chinese language learning center “Hieroglyph”] [Electronic resource] – URL: [eroglif.com](http://eroglif.com) (accessed: 27.07.2017) [in Russian]
5. Sajt centrov izuchenija vostochnyh jazykov «Mandarin» [Website of the Eastern language learning center “Mandarin”] [Electronic resource] – URL: [mandarinchina.ru](http://mandarinchina.ru) (accessed: 27.07.2017) [in Russian]
6. Intensiv «Kitajskij dlja novichkov i prodolzhajushhih» [Intensive course “Chinese language for beginners and intermediate learners”] [Electronic resource] // Shkola kitajskogo jazyka «Laoshi» [Chinese language learning school “Laoshi”] – URL: [Online.laoshi.ru](http://online.laoshi.ru) (accessed: 27.07.2017) [in Russian]
7. Kondrashov S. S. «Kitajskij s Laoshi: Ot nulja do HSK 2» [Chinese language: from zero to HSK 2] / S. S. Kondrashov: Shkola kitajskogo jazyka «Laoshi» [Chinese language learning school “Laoshi”], 2017 [in Russian]
8. Website of MyChina company [Electronic resource] – URL: [mychina.one](http://mychina.one) (accessed: 27.07.2017) [in Russian]
9. LinguaLeo zapuskaet novuju sistemu onlajn-obuchenija anglijskomu jazyku [LinguaLeo launches a new system for online teaching of the English language] [Electronic resource] // Sajt media-holdinga «RBK» [Website of media holding “RBC Information Systems”] – 22.12.2014 – URL: [http://www.rbc.ru/own\\_business/22/12/2014/549291e39a79476302c47844](http://www.rbc.ru/own_business/22/12/2014/549291e39a79476302c47844) (accessed: 27.07.2017) [in Russian]
10. Website of Animelon project [Electronic resource] – URL: <http://animelon.com/> (accessed: 27.07.2017)
11. Website of Busuu project [Electronic resource] – URL: <https://www.busuu.com> (accessed: 27.07.2017)



*Все статьи, опубликованные в «Международном научно-исследовательском журнале», загружаются в РИНЦ.*

**Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)** — библиографическая база данных научных публикаций российских учёных. Для получения необходимых пользователю данных о публикациях и цитируемости статей на основе базы данных РИНЦ разработан аналитический инструмент ScienceIndex.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.046>

Соколова Е.А.

ORCID: 0000-0002-2781-6662, Кандидат технических наук,  
ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет)»

# МЕТОД КОМПРЕССИИ ЦИФРОВЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИЗА ТАБЛИЦЫ ТЕКСТУРНЫХ КООРДИНАТ

## Аннотация

Рассматривается метод компрессии, для трехмерных изображений, отличающийся от известных тем, что учитывает особенности получения цифровых трехмерных изображений с помощью анализа таблицы текстурных координат с использованием теоретико-множественного подхода.

В работе стояла задача разработать метод компрессии для трехмерных изображений, отличающийся от известных тем, что учитывает особенности получения цифровых трехмерных изображений с помощью анализа таблицы текстурных координат

Разработанные программные средства должны поддерживать поиск необходимых элементов в таблице текстурных координат. Для решения этой задачи был использован теоретико-множественный подход. Результаты оценки релевантности для соответствующих объектов и сами исследуемые объекты представляются в виде множества, элементы которого сортируются по убыванию уровня релевантности.

**Ключевые слова:** трехмерные изображения, сохранение изображений, методы, таблица текстурных координат.

Sokolova E.A.

ORCID: 0000-0002-2781-6662, PhD in Engineering,

FSBEI of Higher Education “North-Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University)”

# COMPRESSION METHOD OF DIGITAL THREE-DIMENSIONAL IMAGES WITH THE ANALYSIS OF THE TABLE OF TEXTURAL COORDINATES

## Abstract

The article considers a compression method for three-dimensional images, which differs from the known ones as it takes into account the main features of obtaining digital three-dimensional images by means of analysing the table of texture coordinates using the set-theoretic approach.

The main task of the paper was to develop a compression method for three-dimensional images, which differs from the known ones as it takes into account the main features of obtaining digital three-dimensional images using the analysis of the texture coordinate table.

Developed software should support the search for necessary elements in the table of texture coordinates. The set-theoretic approach was used to solve this problem. The results of relevance evaluation for the corresponding objects and the objects themselves are represented in the form of a set the elements of which are sorted in descending order of relevance level.

**Keywords:** 3D images, image storage, methods, texture coordinates table.

Г. Кантор предложил теоретико-множественный подход, основанный на понятии множество. Причем, в этом случае МНОЖЕСТВО соотносится с другими определениями, такими как: КОЛЛЕКЦИЯ, СОБРАНИЕ, СОВОКУПНОСТЬ, АНСАМБЛЬ. При этом каждый элемент множества соотносится как отношения на множествах. В XX веке был проведен существенный прорыв в данном направлении отечественными и зарубежными исследователями, например, M.D. Mesarovich, Yasuhico Takahara. General Systems Theory, Mathematical Foundations. New York: Academic, 1975

Исходя из того, что в случае использования теоретико-множественного подхода для анализа, например, в различные системы и процессы нужно ввести разнообразные соотношения, то для данного подхода используются:

- 1) как язык для облегчения процесса понимания между различными представителями области знаний;
- 2) как основополагающие для появления инновационных направлений в науке, к примеру проектирование, автоматизация и др.

Необходимо отметить, что очень сложно дать однозначное определение значению слова МНОЖЕСТВО.

В работе стояла задача разработать метод компрессии, для трехмерных изображений, отличающийся от известных тем, что учитывает особенности получения цифровых трехмерных изображений с помощью анализа таблицы текстурных координат.

Разработанные программные средства должны поддерживать поиск необходимых элементов в таблице текстурных координат.

Для решения этой задачи был использован теоретико-множественный подход [2, С.2-4].

## Метод анализа таблицы текстурных координат.

При разработке алгоритма сохранения трехмерных изображений, который будет учитывать особенности получения трехмерных изображений, применяется теоретико-множественный подход для анализа таблицы текстурных координат. Объекты таблицы текстурных координат, которые предназначены для исследования, можно представить как множество различных свойств. При этом определить оценки для каждого из них в процессе поиска:

$$O = \{p\} = \{p_0, p_1, \dots, p_n\}, \quad (1)$$

где  $O$  – исследуемый объект,  $p$  – свойство, которое участвует в поиске

Оценку релевантности и приоритет каждого свойства при поиске, можно представить как множество коэффициентов с весом, каждый из которых определен путем экспертной оценки и анализа элементов таблицы текстурных координат [3, С. 1].

$$\{k\} = \{k_0, k_1, \dots, k_n\} \quad (2)$$

Как известно, в случае теоретико-множественного подхода любой поисковый запрос или входную информацию можно представить в виде множества слов. Особенностью структуры таблицы текстуальных координат, является отсутствие повторов, а также конструкций с «слабой» семантикой. Благодаря чему гарантируется эффективный и точный поиск, а также обеспечение высокой достоверности результатов.

$$R = \{w, \forall w (F_{sem}(w) \neq \emptyset)\}, \quad (3)$$

где  $R$  – входные данные для поиска/запрос,  $w$  – параметр в запросе,  $F_{sem}(w)$  – функция определения семантических соответствий для параметра.

Произведением соответствующего весового коэффициента и показателя оценочной функции вхождения параметра в значение свойства является функция определения соответствия свойства исследуемого объекта параметру из запроса:

$$F_{eval}(p, w) = k_p * F_{ex}(p, w), \quad (4)$$

где  $p$  – свойство объекта,  $w$  – параметр в запросе,  $k_p$  – весовой коэффициент для свойства,  $F_{ex}$  – оценочная функция встречаемости параметра в значении свойства.

Способ интерпретации значений свойств и целей поиска будет влиять на функцию, которая будет использована для того, чтобы оценить встречаемость параметра. Например, для атрибута «Текстуальные координаты» сущности «Координаты на карте освещения» оценочная функция встречаемости параметра может быть определена системой следующего вида:

$$F_{ex}(p_{auth}, w) = \begin{cases} 1, & \text{если } w \in val(p_{auth}) \\ 0, & \text{если } w \cap val(p_{auth}) = \emptyset \end{cases} \quad (5)$$

где  $p_{auth}$  – свойство «Текстуальные координаты»,  $w$  – параметр поискового запроса,  $val(p_{auth})$  – множество значений свойства «Текстуальные координаты» для каждого объекта.

С помощью представления (1) и функции (4) можно определить интегральный показатель соответствия объекта, который исследуется поисковому запросу (релевантность) как среднее арифметическое суммы показателей функции (4):

$$S(\{p\}, \{w\}) = \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^m F_{eval}(p_i, w_j)}{m} \quad (6)$$

Полученные результаты оценки релевантности для соответствующих объектов и сами исследуемые объекты представим в виде множества, элементы которого сортируются по убыванию уровня релевантности [4, С.2].

#### Алгоритм поиска [5, С. 1-4]

На рисунке 1 представлена объектная диаграмма (Object Diagram UML)

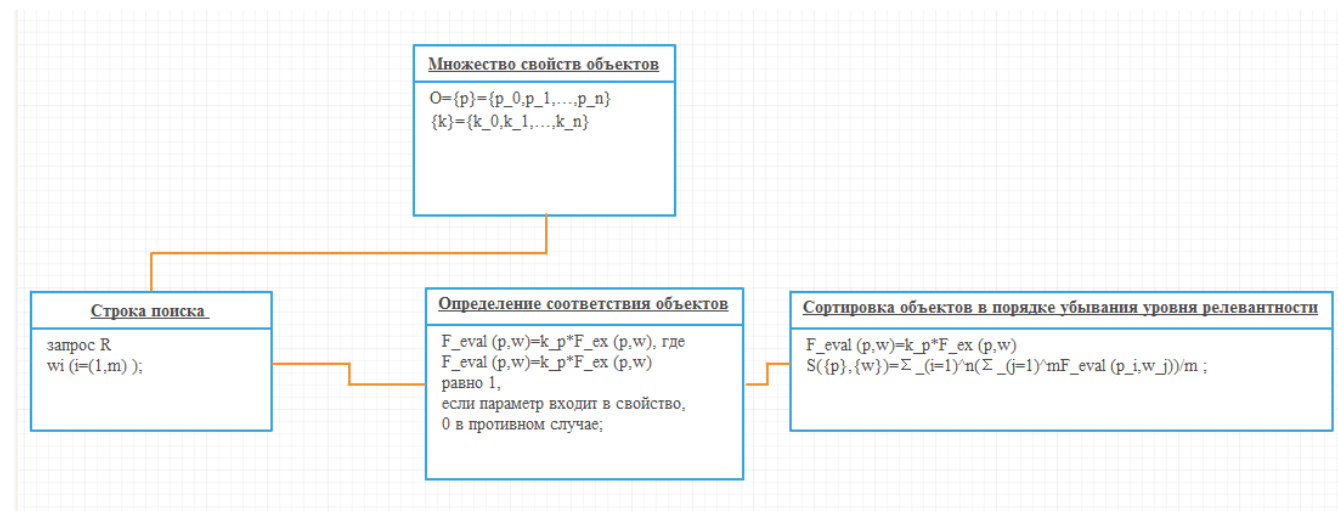


Рис. 1 – Алгоритм поиска

1. Пусть задано множество свойств объектов  $O = \{p\} = \{p_0, p_1, \dots, p_n\}$  и множество весовых коэффициентов  $\{k\} = \{k_0, k_1, \dots, k_n\}$ , которые определяют приоритетность свойств;
2. Необходимо ввести в строку поиска запрос  $R$ , который включает в себя параметры  $w_i$  ( $i = \overline{1, m}$ );
3. Далее определить соответствие свойства объекта, который исследуется параметру из запроса по формуле  $F_{eval}(p, w) = k_p * F_{ex}(p, w)$ , где  $F_{eval}(p, w) = k_p * F_{ex}(p, w)$  равно 1, если параметр входит в свойство, 0 в противном случае;
4. Определить среднее арифметическое суммы показателей функции  $F_{eval}(p, w) = k_p * F_{ex}(p, w)$   

$$S(\{p\}, \{w\}) = \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^m F_{eval}(p_i, w_j)}{m};$$
5. Отсортировать объекты в порядке убывания уровня релевантности, определенного на шаге 4;
6. Вывести объекты.

**Пример решения задачи анализа необходимых значений таблицы текстуальных координат по ключевым параметрам.**

В таблице 1 содержится информация по значениям таблицы текстуальных координат:

Таблица 1 – Объекты

Offset	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
01F5E6h	FB	7F	60	80	7F	00	7F	FF	2F	3A	75	3A	81	36	C3	37
01F5F6h	FA	7F	5F	80	7F	00	7F	FF	2F	3A	65	3A	81	36	C1	37
01F606h	FB	7F	60	80	7F	00	7F	FF	1F	3A	65	3A	7F	36	C1	37
01F616h	FB	7F	60	80	7F	00	7F	FF	1F	3A	2E	3A	7F	36	B9	37
01F626h	FA	7F	5F	80	7F	00	7F	FF	2F	3A	2E	3A	81	36	B9	37
01F636h	FB	7F	60	80	7F	00	7F	FF	2F	3A	1C	3A	81	36	B7	37
01F646h	FB	7F	60	80	7F	00	7F	FF	F2	39	1C	3A	7A	36	B7	37
01F656h	FB	7F	61	80	7F	00	7F	FF	F2	39	2E	3A	7A	36	B9	37
01F666h	FB	7F	60	80	7F	00	7F	FF	01	3A	2E	3A	7C	36	B9	37
01F676h	FB	7F	61	80	7F	00	7F	FF	01	3A	53	3A	7C	36	BE	37
01F686h	FB	7F	63	80	7F	00	7F	FF	CF	39	41	3A	75	36	BC	37
01F696h	FB	7F	63	80	7F	00	7F	FF	D0	39	2E	3A	75	36	B9	37
01F6A6h	FB	7F	63	80	7F	00	7F	FF	DF	39	2E	3A	77	36	B9	37
01F6B6h	FB	7F	63	80	7F	00	7F	FF	DF	39	1C	3A	77	36	B7	37

**Шаг 1.**

Необходимо задать некоторое множество свойств для оценки в процессе поиска

$$O = \{p\} = \{p_0, p_1, \dots, p_n\},$$

где O – каждый исследуемый объект, p – свойство, которое участвует в поиске

p1-количество элементов

p2-структура объектов

p3-координаты на карте освещения

p4-описание

p5-категория

$$O = \{p\} = \{\text{количество элементов, структура объектов, координаты на карте освещения, описание, категория}\}$$

Весовыми коэффициентами отобразим приоритетность свойств при поиске и оценке релевантности

$$\{k\} = \{k_0, k_1, \dots, k_n\}$$

$$\{k\} = \{1; 1; 0.2; 0.2; 0.2\}$$

**Шаг 2.**

Пусть исходный поисковый запрос, включает в себя строку «01 3A».

**Шаг 3.**

Необходимо определить уровень релевантности для первого объекта:

$$F_{eval}(p1, "01") = 0$$

$$F_{eval}(p2, "01") = 0$$

$$F_{eval}(p3, "01") = 0$$

$$F_{eval}(p4, "01") = 0$$

$$F_{eval}(p5, "01") = 0$$

$$F_{eval}(p1, "3A") = 0$$

$$F_{eval}(p2, "3A") = 0$$

$$F_{eval}(p3, "3A") = 0$$

$$F_{eval}(p4, "3A") = 0$$

$$F_{eval}(p5, "3A") = 0$$

$$S1(\{p\}, \{w\}) = \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^m F_{eval}(p_i, w_j)}{m} = 0$$

Следовательно, данный параметр не выводится для отображения результатов поиска.

**Шаг 4.**

Далее по аналогии нужно определить уровень релевантности для второго объекта:

$$F_{eval}(p1, "01") = 0$$

$$F_{eval}(p2, "01") = 0$$

$$F_{eval}(p3, "01") = 0$$

$$F_{eval}(p4, "01") = 0.2$$

$$F_{eval}(p5, "01") = 0$$

$$F_{eval}(p1, "3A") = 0$$

$$F_{eval}(p2, "3A") = 0$$

$$F_{eval}(p3, "3A") = 0$$

$$F_{eval}(p4, "3A") = 0.2$$

$$F_{eval}(p5, "3A") = 0$$

$$S1(\{p\}, \{w\}) = \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^m F_{eval}(p_i, w_j)}{m} = 0.2$$

Данный параметр войдет в список отображаемых результатов поиска.

**Шаг 5.**

Определим уровень релевантности для третьего объекта:

$$\begin{aligned}
 F_{eval}(p1, "01") &= 1 \\
 F_{eval}(p2, "01") &= 0 \\
 F_{eval}(p3, "01") &= 0 \\
 F_{eval}(p4, "01") &= 0 \\
 F_{eval}(p5, "01") &= 0 \\
 F_{eval}(p1, "3A") &= 1 \\
 F_{eval}(p2, "3A") &= 0 \\
 F_{eval}(p3, "3A") &= 0 \\
 F_{eval}(p4, "3A") &= 0 \\
 F_{eval}(p5, "3A") &= 0 \\
 S1(\{p\}, \{w\}) &= \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^m F_{eval}(p_i, w_j)}{m} = 1
 \end{aligned}$$

Данный параметр войдет в список отображаемых результатов поиска.

**Шаг 6.**

Определим уровень релевантности для четвертого объекта:

$$\begin{aligned}
 F_{eval}(p1, "01") &= 0 \\
 F_{eval}(p2, "01") &= 0 \\
 F_{eval}(p3, "01") &= 0 \\
 F_{eval}(p4, "01") &= 0 \\
 F_{eval}(p5, "01") &= 0 \\
 F_{eval}(p1, "3A") &= 0 \\
 F_{eval}(p2, "3A") &= 0 \\
 F_{eval}(p3, "3A") &= 0 \\
 F_{eval}(p4, "3A") &= 0 \\
 F_{eval}(p5, "3A") &= 0 \\
 S1(\{p\}, \{w\}) &= \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^m F_{eval}(p_i, w_j)}{m} = 0
 \end{aligned}$$

Данный параметр не войдет в список отображаемых результатов поиска.

**Шаг 7.**

Результат поиска (таблица 2):

Таблица 2 – Результаты поиска по информационным объектам

Offset	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
013120h	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	1A	1B
013130h	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	2A	2B
013140h	2C	2D	2E	2F	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B
013150h	3C	3D	3E	3F	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	4A	4B
013160h	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	00	00
013170h	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	64	5A	0D	00	00	00
013180h	00	00	01	00	00	00	01	00	00	00	00	00	00	00	01	00
013190h	00	00	00	00	80	3F	00	00	80	3F	00	00	80	3F	00	00
0131A0h	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	20	00	00	00	32	19
0131B0h	00	00	9B	B3	F0	80	FA	86	5D	FF	00	00	00	00	FF	00
0131C0h	00	00	96	7B	71	41	1B	8F	73	C2	DB	6E	14	43	DB	29
0131D0h	DA	34	37	AC	DE	80	E3	C0	AC	FF	00	00	00	00	FF	00
0131E0h	00	00	8A	86	54	41	D1	4B	6E	C2	5E	D5	16	43	96	2B
0131F0h	D6	34	7D	D3	DF	80	E7	B7	50	FF	00	00	00	00	FF	00
013200h	00	00	2D	37	63	41	42	9C	6D	C2	98	D0	12	43	BD	29
013210h	B8	34	73	F5	AE	80	AE	AF	13	FF	00	00	00	00	FF	00

В результате разработки метода сохранения был реализован оптимальный подбор значений в таблице текстурных координат с использованием теоретико-множественного подхода.

**Список литературы / References**

1. Гроппен В.О. / Проскурин А.Е., Соколова Е.А // Способ компрессии и декомпрессии статических изображений и видеоинформации в цифровой форме – патент на изобретение RUS 2339082 03.08.2007
2. Соколова Е.А. Компрессия изображений переменными фрагментами // Вестник компьютерных и информационных технологий – 2008 – № 10 – С. 31-34.
3. Кумаритов А.М. Разработка системы анализа и обработки информации по стратегическому управлению предприятий топливно-энергетического комплекса / Соколова Е.А // Наука и бизнес: пути развития – 2014 – № 5 (35) – С. 113-116.

4. Соколова Е.А. Математическая модель компрессии статичных изображений переменными фрагментами с учетом погрешностей // депонированная рукопись № 748-V2007 19.07.2007 – С.12

5. Соколова Е.А. Использование теоретико-множественного подхода для поиска необходимого контента по атрибутам и ключевым словам // Фундаментальные исследования – 2013 – № 8-6 – С. 1360-1363.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Groppen V.O. / Proskurin A.E., Sokolova E.A. // Сposob kompressii i dekompressii staticheskikh izobrazhenij i videoinformacii v cifrovoj forme – patent na izobretenie [The method of compression and decompression of static images and video information in digital form - patent for an invention] RUS 2339082 03.08.2007 [in Russian]

2. Sokolova E.A. Kompessija izobrazhenij variabel'nyimi fragmentami [Compression of images by variable fragments] // Vestnik komp'yuternyh i informacionnyh tehnologij [Herald of Computer and Information Technologies] – 2008 – № 10 – P. 31-34. [in Russian]

3. Kumaritov A.M. Razrabotka sistemy analiza i obrabotki informacii po strategicheskomu upravleniju predpriyatij toplivno-jenergeticheskogo kompleksa [Development of a system for analyzing and processing information on the strategic management of enterprises of the fuel and energy complex] / Sokolova E.A. // Nauka i biznes: puti razvitiya [Science and business: the ways of development] – 2014 – № 5 (35) – P. 113-116. [in Russian]

4. Sokolova E.A. Matematicheskaja model' kompressii statichnyh izobrazhenij variabel'nyimi fragmentami s uchedom pogreshnostej [Mathematical model of compression of static images by variable fragments with allowance for errors] // deponirovannaja rukopis' [deposited manuscript] № 748-V2007 19.07.2007 – P.12 [in Russian]

5. Sokolova E.A. Ispol'zovanie teoretiko-mnozhestvennogo podhoda dlja poiska neobhodimogo kontenta po atributam i kljuchevym slovam [Using the set-theoretic approach to find the necessary content by attributes and keywords] // Fundamental'nye issledovanija [Fundamental research] – 2013 – № 8-6 – P. 1360-1363 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.086>

Соколова Е.А.

ORCID: 0000-0002-2781-6662, Кандидат технических наук,

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет)»

#### РАЗРАБОТКА МЕТОДА СОХРАНЕНИЯ ПИКСЕЛЕЙ В МАССИВ С ДИФФЕРЕНЦИАЦИЕЙ НА ЦВЕТОВЫЕ КОМПОНЕНТЫ

##### Аннотация

Конечный результат исследования позволит получить цифровую модель, которая имитирует конечный продукт и дает возможность выполнять визуализацию, оптимизировать и управлять результатом еще до создания физического опытного образца без артефактов, без потерь качества с меньшим размером. Рассматривается научная проблема, заключающаяся в разработке научно-методических основ алгоритмического и программного обеспечения сжатия и сохранения трехмерных объектов, а также моделей и методов оптимального хранения трехмерных изображений. Рассмотрена возможность дифференциации изображения на цветовые компоненты. Рассматриваемая методика сохранения трехмерного изображения создана при помощи выбора типа фрагментов, на которые предварительно разбивается изображение, после чего выполняется ряд предложенных действий.

На основании разработанной математической модели был разработан алгоритм представления сканированных в формате 3D изображений для уменьшения их битового объема.

**Ключевые слова:** цветовые компоненты, трехмерные изображения, сохранение изображений, методы.

Sokolova E.A.

ORCID: 0000-0002-2781-6662, PhD in Engineering,

FSBEI OF HIGER EDUCATION “North-Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University)”

#### DEVELOPMENT OF PIXELS' PRESERVATION METHOD IN ARRAY WITH COLOUR COMPONENTS DIFFERENTIATION

##### Abstract

The final result of the research will permit to obtain a digital model that simulates the final product and enables visualizing, optimizing and managing the result even before the creation of a physical sample without artifacts and loss of quality in a smaller size. The scientific problem is considered. It lies in the development of the scientific and methodological foundations of algorithmic and software compressing and preserving three-dimensional objects, as well as models and methods for the most efficient storage of three-dimensional images. The possibility of image differentiation into colour components is considered. The examined technique for saving a three-dimensional image is created by selecting the type of fragments the image is preliminarily divided into, then a number of suggested actions are performed.

Based on the developed mathematical model, an algorithm for representing scanned images in 3D format to reduce their bit volume was developed.

**Keywords:** colour components, three-dimensional images, image preservation, methods.

В настоящее время в различных областях социальной сферы при решении задач визуализации, трансформации и анализа информации об объектах широко используются возможности 3D -моделирования и компьютерные средства обработки и хранения информации. Отличительной особенностью создаваемых здесь цифровых 3D -моделей объектов, имитирующих конечный продукт, является недопустимость потерь качества и наличия артефактов в процессе сжатия информации, хранения и управления результатами. Однако существующие методы и алгоритмы



сжатия или компрессии данных, предназначенные для снижения объема выходного потока информации в битах, которые возможно реализовать при помощи обратимых или необратимых преобразований, не исключают потерь данных, что лишает возможность дальнейшей обработки информации о 3D -объекте. Несмотря на существующее множество алгоритмов сжатия, для 3D изображений, впрочем как и для 2D изображений, оптимальных алгоритмов сжатия на текущий момент нет. Все существующие решения не универсальны или же не представлены в виде программной реализации.

В то же время наблюдается заметное повышение доступности технологий трехмерного сканирования, которые обеспечивают возможность увеличить в несколько раз эффективность обработки изображений предметов искусства, полученных в результате 3D сканирования. При этом разработка трехмерных моделей требует непосредственного участия человека, а сам процесс трехмерного сканирования требует большего ресурсопотребления. Исходя из этого ясно, что какие-либо потери данных, а также применение алгоритмов сжатия с потерями недопустимы, т.к. это лишает возможности дальнейшей обработки трехмерного объекта ввиду появления артефактов, искажений и т.п. В связи с этим самым эффективным способом разрешения возникшего противоречия является создание и разработка методов сжатия, которые работают без потерь данных.

Известны различные способы решения задачи сжатия изображений. Большая часть разработанных алгоритмов основана на достаточно сложной теоретической и математической базе. Некоторые алгоритмы используют свойства информационных потоков и их реализация очень проста. Однако в случае необходимом для реализации сжатия или компрессии при выборе способа, подхода или алгоритма, происходят преобразования, причем чаще всего эти преобразования необратимы. С учетом вышесказанного все существующие алгоритмы сжатия изображения можно разделить на две большие группы – алгоритмы сжатия с потерей информации и алгоритмы сжатия без потерь информации.

Поскольку человеческий глаз различает великое множество оттенков, то и отсканированное полноцветное изображение должно достаточно точно передавать все тонкости и оттенки исходного экспоната. Кроме того, идеальное разделение тонов без каких-либо недостатков представляет определенную проблему для разработчиков алгоритмов компрессии. Что касается экотонов (участков, где разные цвета граничат между собой), то в них сосредоточено огромное количество переходных оттенков. Поэтому при работе алгоритмов сжатия с потерями качества избежать артефактов, как правило, не удастся. Все вышперечисленные факты, полученные в предшествующих процессах сжатия изображений различного характера, были учтены в ходе постановки собственных экспериментов по компрессии.

За последнее время опубликован целый ряд трудов, в которых рассмотрены научно-методические аспекты обработки и преобразования трехмерных изображений. В работе *Direct multiphase mesh generation from 3D images using anisotropic mesh adaptation and a redistancing equation*, Jia-Xin Zhao, Thierry Coupez, Etienne Decenciere, Dominique Jeulin, David Cardenas-Pena, Luisa Silva, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* Volume 309, 1 September 2016, Pages 288–306, предлагается методика с использованием сетки генерации и многофазных потоков вычислений, основанных на 2D и 3D изображениях. Авторами Hannus, Esa; Palonen, Osmo был рассмотрен вопрос оцифровки 3D изображений для различных видов предметов культурного наследия (Ресурс: *Archiving Conference, Archiving 2011 Final Program and Proceedings*, pp. 47-50(4)). Буй Тхе Чуен в своей кандидатской диссертации рассматривает возможность применения шейдеров для обработки трехмерных изображений. В книге *Three-Dimensional Imaging Techniques* автором Takanori Okoshi рассматриваются основные принципы построения трехмерных изображений. Использование битовой матрицы перестановок представлено в работе *Image encryption based on three-dimensional bit matrix permutation* Wei Zhang, , Hai Yu , Yu-li Zhao , Zhi-liang Zhu, *Signal Processing* Volume 118, January 2016, Pages 36–50. Большаков А.А., Никонов А.В. предложили метод воспроизведения объемных объектов в публикации «Метод формирования трехмерных изображений для объемных дисплеев» (Ресурс: Журнал Вестник Саратовского государственного технического университета, вып. № 2 (64) / том 1 / 2012). Исследованием 3D форматов хранения данных в интеллектуальных системах виртуальной реальности занимались Чувилов Д.А., Феоктистов В.П., Остроух А.В. (Ресурс: Журнал Международный журнал экспериментального образования, вып. № 3-3 / 2015). В книге Красильникова изложены основы обработки двух- и трехмерных изображений.

Результаты исследований авторов являются той принципиальной основой, которая открывает возможность дальнейшего развития и применения системного подхода в сфере обработки цифровых изображений без потери данных в процессе сжатия информации. Подтверждением необходимости исследования является отсутствие модели, имеющей упорядоченную структуру, не допускающую потерь данных.

Приведенные обстоятельства обуславливают актуальность темы исследования не только с точки зрения практических потребностей производства, но и с теоретической, обусловленной необходимостью развития научно-методических основ для управления свойствами и структурой трехмерных изображений, а также экономически эффективными технологиями и надежностью на стадии проектирования в интегрированных программных продуктах. Конечный результат исследования позволит получить цифровую модель, которая имитирует конечный продукт и дает возможность выполнять визуализацию, оптимизировать и управлять результатом еще до создания физического опытного образца без артефактов, без потерь качества с меньшим размером.

Рассмотренные условия и обстоятельства позволяют сделать вывод о том, что в области построения и сохранения трехмерных объектов сложилось центральное противоречие между насущной потребностью в сжатии информации без потерь для обеспечения возможности вторичной обработки информации, без громоздкости файлов, и практической невозможностью достижения этой цели при существующем состоянии уровня алгоритмического и программного обеспечения.

Наличие объективных противоречивых тенденций порождает научную проблему, заключающуюся в разработке научно-методических основ алгоритмического и программного обеспечения сжатия и сохранения трехмерных объектов, а также моделей и методов оптимального хранения трехмерных изображений.

В силу этого при выполнении данной работы в качестве объекта исследования рассматривалась визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки трехмерных изображений.

Проанализированные в ходе исследований методы, модели и алгоритмы позволяют увеличить в несколько раз эффективность обработки изображений предметов искусства полученных в результате 3D сканирования.

В связи с этим самым эффективным способом решения проблемы является создание и разработка методов сжатия, которые работают без потерь данных.

Следовательно, использование эффективно работающей модели, которая будет иметь упорядоченную структуру, без потерь и возможность вторичной обработки изображения гарантирует решение проблемы. Применение дифференциации на цветовые компоненты облака точек в процессе их сравнения позволит достичь поставленной цели.

Рассмотрим разработку и применение метода, который позволяет сохранять пиксели в массив с использованием дифференциации на цветовые компоненты.

Система [2, С. 1-3] работает с учетом выбора минимального подмножества фрагментов, которое необходимо для сжатия, а затем и отображения изображения на основе выбранных (базовых) фрагментов [4, С. 3].

Однако, в данном случае не производится дифференциация на цветовые компоненты. Не осуществляется учет количества точек с одинаковыми компонентами и учета цвета каждой точки в облаке в выбранном и сравниваемом фрагментах [1].

Введем переменную, которая будет хранить число совпавших точек облака, и обозначим ее как  $e$ .

Теперь у пользователя есть возможность контролировать процесс сравнения фрагментов [3, С. 2-3].

Для сравнения и учета совпавших точек облака применим объединение в таксоны [5, С. 1].

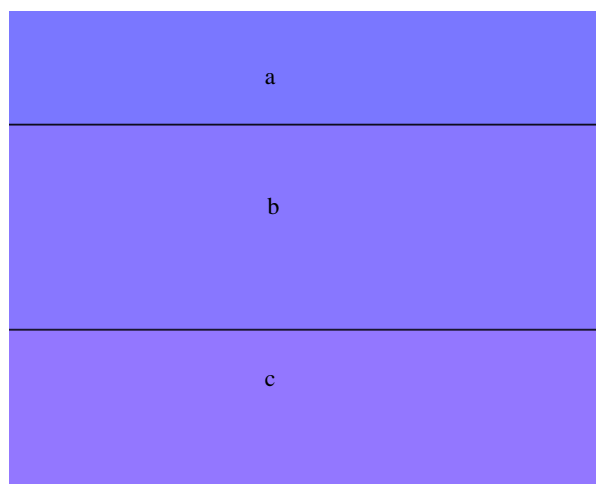


Рис. 1 – Пример для определения погрешности в цветовой гамме

На рисунке 1 изображены три полосы цвета имеющие следующие характеристики, представленные в цветовой модели RGB (таблица 1):

Таблица 1 – Цветовые характеристики точек в модели RGB

Точка	R	G	B
<i>a</i>	128	148	153
<i>b</i>	128	128	130
<i>c</i>	128	128	255

Чтобы сравнить две точки можно осуществить сравнение различными способами. В нашем случае была произведена дифференциация на цветовые компоненты и сравнение по значениям каждой компоненты.

Для описания метода сравнения, применяемого в работе, отметим в трехмерной плоскости с осями R,G,B точки, соответствующие цветам a,b,c.(рисунок 2)



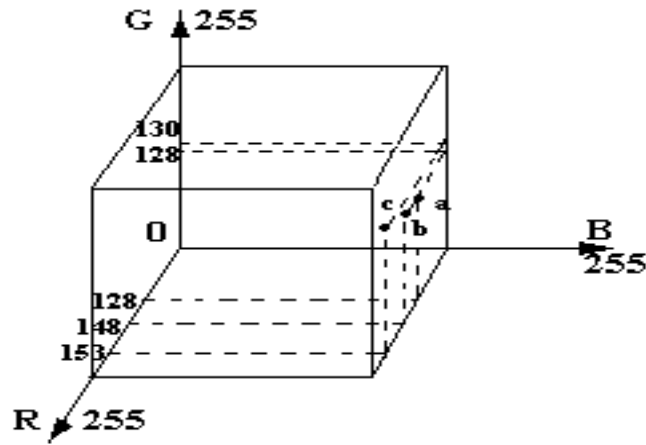


Рис. 2 – Расположение экспериментальных точек в цветовой модели RGB

Чтобы посчитать расстояние  $H$  между точками воспользуемся формулой для подсчета расстояния в Евклидовом пространстве (1).

$$H = \sqrt{(R_1 - R_2)^2 + (G_1 - G_2)^2 + (B_1 - B_2)^2} \quad (1)$$

Точка абсолютно черного цвета имеет следующие координаты (0,0,0) и точка абсолютно белого цвета - координаты (255,255,255). Подставив эти значения в формулу (1), получим (2)

$$H = \sqrt{(255 - 0)^2 + (255 - 0)^2 + (255 - 0)^2} \approx 442 \quad (2)$$

Если же сравнить две абсолютно одинаковые точки, то получится следующее (3)

$$H = \sqrt{(R_1 - R_2)^2 + (G_1 - G_2)^2 + (B_1 - B_2)^2} = 0 \quad (3)$$

Как видно по формулам (2), (3), расстояние между точками прямопропорционально отклонению по цветовым компонентам, т.е. точки с близкими цветовыми компонентами находятся ближе друг к другу.

В самом неудачном случае наиболее далекое расстояние (дополнительные цвета к примеру черный и белый) можно вычислить по следующей формуле (4):

$$H_{MAX} = \sqrt{(255^2 - 3)} \approx 442 \quad (4)$$

При задании пользователем стопроцентной погрешности результат не изменится. При уменьшении погрешности результат будет стремиться к нулю. Очевидно, что  $0 \leq H \leq 442$ .

Пользуясь (4) определим допустимое расстояние между точками  $H_{доп}$ .

$$H_{доп} = \sqrt{\frac{\varepsilon_1 * W^2 * 3}{100}} \quad (5)$$

Применим (5) к цветовой модели RGB и заменим R,G,B на значения координат R,G,B в каждом фрагменте (6)

$$H = \sqrt{[R(i, j) - R(p, k)]^2 + [G(i, j) - G(p, k)]^2 + [B(i, j) - B(p, k)]^2} \quad (6)$$

Связь между (5) и (6) определяется неравенством (7):

$$\sqrt{[R(i, j) - R(p, k)]^2 + [G(i, j) - G(p, k)]^2 + [B(i, j) - B(p, k)]^2} \geq \frac{\varepsilon_1 * \sqrt{W^2 * 3}}{100} \quad (7)$$

Подставим (7) в систему (4) [2, С. 1-4].

$$\left\{ \begin{array}{l} F_2 = \left| X_2' \right| + \sum_{x_j \in X_1'} \text{signum} \sum_{x_k \in X \setminus (X_1' \cup X_2')} z(j,k) \rightarrow \min ; \\ \forall x_k \in X \setminus (X_1' \cup X_2') : \left| Y(j,k) \leq \varepsilon \right| : \sum_{x_j \in X_1'} \sum_{h(p,d) \in L^h(j,k)} \prod z(p,d) \geq 1; \\ \forall i \in Y(j,k): \\ \sum_i \sqrt{[R(i,j) - R(i,k)]^2 + [G(i,j) - G(i,k)]^2 + [B(i,j) - B(i,k)]^2} > \frac{\mu * \sqrt{W^2 * 3}}{100}, \\ \forall (j,k) \in U: z(i,j) = 1, \end{array} \right. \quad (8)$$

Данная методика сохранения трехмерного изображения была создана при помощи выбора типа фрагментов, на которые предварительно разбивается изображение, после чего выполняется ряд предложенных действий.

На основании разработанной математической модели был разработан алгоритм представления сканированных в формате 3D изображений для уменьшения их битового объема.

#### Список литературы / References

1. Гроппен В.О. / Проскурин А.Е., Соколова Е.А. // Способ компрессии и декомпрессии статических изображений и видеоинформации в цифровой форме – патент на изобретение RUS 2339082 03.08.2007
2. Соколова Е.А. Компрессия изображений переменными фрагментами // Вестник компьютерных и информационных технологий – 2008 – № 10 – С. 31-34.
3. Кумаритов А.М. Разработка системы анализа и обработки информации по стратегическому управлению предприятий топливно-энергетического комплекса / Соколова Е.А // Наука и бизнес: пути развития – 2014 – № 5 (35) – С. 113-116.
4. Соколова Е.А. Математическая модель компрессии статических изображений переменными фрагментами с учетом погрешностей // депонированная рукопись № 748-B2007 19.07.2007 – С.12
5. Соколова Е.А. Использование теоретико-множественного подхода для поиска необходимого контента по атрибутам и ключевым словам // Фундаментальные исследования – 2013 – № 8-6 – С. 1360-1363.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Groppen V.O. / Proskurin A.E., Sokolova E.A. // Cпособ kompressii i dekompressii staticheskikh izobrazhenij i videoinformacii v cifrovoj forme – patent na izobretenie [The method of compression and decompression of static images and video information in digital form - patent for an invention] RUS 2339082 03.08.2007 [in Russian]
2. Sokolova E.A. Komp'essija izobrazhenij variabel'nymi fragmentami [Compression of images by variable fragments] // Vestnik komp'juternyh i informacionnyh tehnologij [Herald of Computer and Information Technologies] – 2008 – № 10 – P. 31-34. [in Russian]
3. Kumaritov A.M. Razrabotka sistemy analiza i obrabotki informacii po strategicheskomu upravleniju predpriyatij toplivno-jenergeticheskogo kompleksa [Development of a system for analyzing and processing information on the strategic management of enterprises of the fuel and energy complex] / Sokolova E.A // Nauka i biznes: puti razvitija [Science and business: the ways of development] – 2014 – № 5 (35) – P. 113-116. [in Russian]
4. Sokolova E.A. Matematicheskaja model' kompressii statichnyh izobrazhenij variabel'nymi fragmentami s uchetom pogreshnostej [Mathematical model of compression of static images by variable fragments with allowance for errors] // deponirovannaja rukopis' [deposited manuscript] № 748-V2007 19.07.2007 – P.12 [in Russian]
5. Sokolova E.A. Ispol'zovanie teoretiko-mnozhestvennogo podhoda dlja poiska neobhodimogo kontenta po atributam i ključevym slovam [Using the set-theoretic approach to find the necessary content by attributes and keywords] // Fundamental'nye issledovanija [Fundamental research] – 2013 – № 8-6 – P. 1360-1363 [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.085>Сташинов Ю.П.<sup>1</sup>, Минакова В. О.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-7556-8547, Кандидат технических наук. <sup>2</sup>СтудентШахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета  
(Новочеркасского политехнического института) имени М.И. Платова**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ В ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА****Аннотация**

Приведены результаты компьютерного моделирования в Scilab двухконтурной системы управления электропривода постоянного тока при различных методах настройки регуляторов скорости и тока. Исследовались переходные процессы при пуске электропривода и набросе нагрузки с определением времени регулирования и перерегулирования. Анализ полученных результатов показал, что наилучшие показатели качества переходных процессов обеспечивает структура системы управления с ПИ-регулятором скорости и П-регулятором тока, являющаяся результатом настройки на оригинальный модульный оптимум, предложенный Кесслером, при одновременном учёте задающего и возмущающего воздействий.

**Ключевые слова:** электропривод постоянного тока, настройка регуляторов.

Stashinov Yu.P.<sup>1</sup>, Minakova V.O.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-7556-8547, PhD in engineering, <sup>2</sup>student,Shakhty Institute (Branch) of South-Russian State Politechnic Universiti (Novocherkassk Polytechnic Institute)  
by M.I. Platov**COMPARATIVE RESEARCH OF METHODS OF REGULATORS ADJUSTMENT IN THE TWO-LOOP CONTROL SYSTEM OF DC ELECTRIC DRIVE****Abstract**

Results of computer simulation in Scilab of a two-loop control system of DC electric drive are given at various methods of adjusting speed and current regulators. Transition processes at electric drive starting and step increase of load were investigated with determination of transient time and overshooting. The analysis of the received results has shown, that the best performance indices are provided by the structure of control system with the PI-regulator of speed and the P-regulator of current which is the result of system adjusting to the original modular optimum offered by Kessler, at the simultaneous consideration of reference input and disturbance.

**Keywords:** DC electric drive, regulator adjusting.

Объектом исследования в данной работе является двухконтурная система управления электропривода постоянного тока с угловой скоростью  $\Omega$  в качестве выходной величины, выполненная по структуре подчинённого управления с П (ПИ) регуляторами тока РТ и скорости РС [1].

При исследовании за основу принята математическая модель системы в виде обобщённой структурной схемы [2] с записью переменных (угловой скорости  $\omega$ , тока якорной цепи  $i$  и напряжения на выходе силового преобразователя  $u$ ) в относительных единицах. За базовые значения приняты: заданное значение угловой скорости  $\Omega_0$ , номинальный ток электродвигателя  $I_n$  и противо-ЭДС вращения  $E_a = C_e \cdot \Omega_0$  при заданном значении угловой скорости. Структурная схема системы с несколько изменёнными обозначениями параметров приведена на рис. 1.

Неизменяемыми параметрами данной системы являются: электромагнитные постоянные времени силового преобразователя  $T_g$  и якорной цепи

электродвигателя  $T_a$ , электромеханическая постоянная времени  $T_m$  и статизм электропривода в разомкнутой

$$\text{системе } \delta = \frac{I_n \cdot R_{\Sigma}}{C_E \cdot \Omega_0}.$$

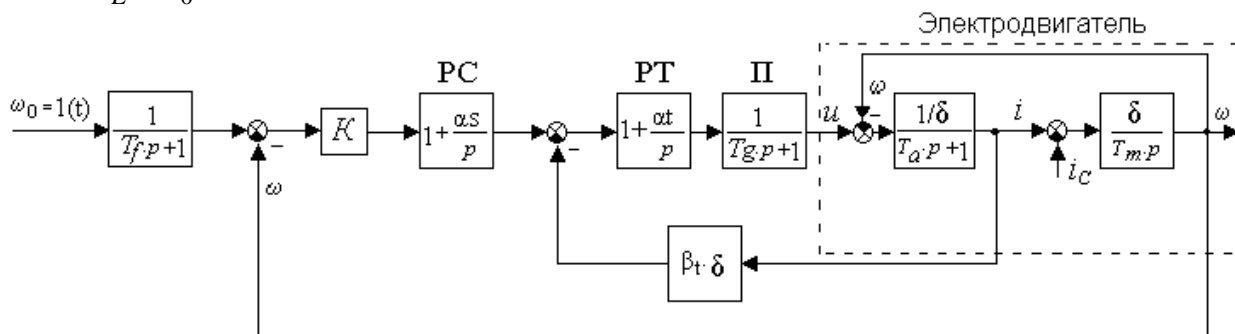


Рис. 1 – Обобщенная структурная схема системы электропривода с подчиненным управлением

Настраиваемые параметры системы: коэффициент усиления контура скорости  $K$ , равный произведению коэффициентов усиления датчика скорости, регуляторов скорости РС и тока РТ, силового преобразователя П и электродвигателя по управляющему воздействию; коэффициент усиления контура тока  $\beta_t$ , равный произведению коэффициентов усиления датчика тока, регулятора тока РТ, силового преобразователя и якорной цепи электродвигателя; коэффициенты интегральных составляющих регулятора скорости  $\alpha_s$  и регулятора тока  $\alpha_t$ .

Внешними воздействиями на систему являются: задающее воздействие  $\omega_0=1(t)$  и возмущающее воздействие, представленное на структурной схеме статической составляющей тока  $i_c$ . На входе системы для ограничения перерегулирования может использоваться фильтр с постоянной времени  $T_f$ .

Содержанием и целью исследования является сравнительный анализ на конкретном примере результатов настройки регуляторов скорости и тока и обоснование выбора варианта, обеспечивающего наилучшие показатели качества переходных процессов в системе.

Метод исследования – визуально ориентированное моделирование в *SciLab* переходных процессов при пуске электропривода и набросе нагрузки. Моделирование выполнялось с численными значениями неизменяемых параметров, заимствованными из примера настройки [3, С. 134–136] и использованными в [2]:  $T_g=0.01$  с,  $T_a=0.022$  с,  $T_m=0.062$  с,  $\delta=0.16$ .

В качестве показателей качества приняты численные значения перерегулирования  $\sigma$ , %, времени регулирования  $t$  в секундах и статизм системы  $S$ , равный величине относительной ошибки при номинальной нагрузке, для определения которых фиксировались координаты соответствующих точек на графиках зависимости угловой скорости от времени.

Исследовались 3 варианта структур рассматриваемой системы:

- с П-регулятором скорости и ПИ-регулятором тока. К такой структуре приводит настройка системы на стандартный модульный оптимум (СМО) [1];
- с ПИ-регуляторами скорости и тока, которая является результатом настройки на стандартный симметричный оптимум (ССО) [1];
- с ПИ-регулятором скорости и П-регулятором тока (или без регулятора тока – с жёсткой отрицательной обратной связью по току на вход силового преобразователя), которая раньше не ассоциировалась с настройками на модульный и симметричный оптимумы. Для оптимизации её параметров был предложен метод с использованием диаграмм качества [4].

Однако в работе [2] показано, что к данной структуре приводит настройка системы на оригинальный (исходный) модульный оптимум (ОМО), предложенный Кесслером [5]. При этом для учёта влияния на переходные процессы нагрузки на валу электродвигателя в качестве исходной информации использована не передаточная функция системы по задающему воздействию, а выражение в операторной форме для угловой скорости с одновременным учётом как задающего, так и возмущающего воздействий [2].

Моделирование рассматриваемой системы выполнено также при величинах настраиваемых параметров, определённых методом стандартных уравнений [3]. Оптимальные величины параметров для различных методов настройки, рассчитанные с использованием *Mathcad*-приложения к статье с привлечением соотношений из работы [2], приведены в таблице 1. Там же указаны принятые численные значения постоянной времени входного фильтра  $T_f$  для систем с ПИ-регулятором скорости.

Таблица 1 – Оптимальные величины настраиваемых параметров

Структура Системы	Метод настройки	Оптимальные величины настраиваемых параметров				
		K	$\beta t$	$\alpha s$	At	$T_f$ , с
П-РС – ПИ-РТ	Стандартный МО	1.705	1.1	0	45.45	0
ПИ-РС – ПИ-РТ	Стандартный СО	1.705	1.1	12.5	45.45	0.08
	Биномиальное распределение	1.957	0.701	15.72	9.235	0.08
	Фильтр Баттерворта	3.19	1.162	24.67	31.61	0.08
	Модульный оптимум	2.413	1.166	14.17	25.37	0.08
ПИ-РС – П-РТ	Оригинальный МО	4.461	1.165	9.675	0	0.02
	Диаграммы качества	3.091	1.829	31.25	0	0.051

Результаты моделирования приведены на рисунках 2 и 3.

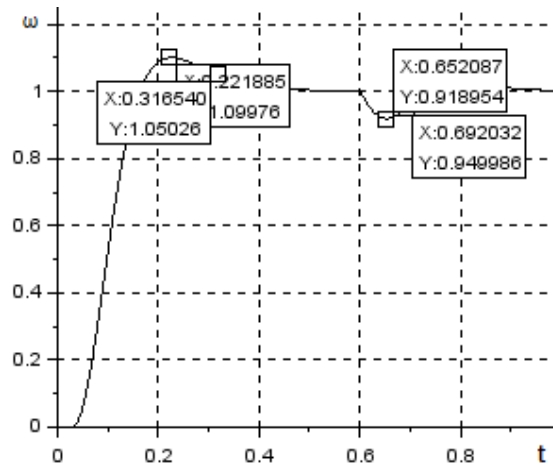


Рис. 2 – График переходного процесса при пуске электропривода и набросе нагрузки с настройкой методом стандартных коэффициентов при биномиальном распределении

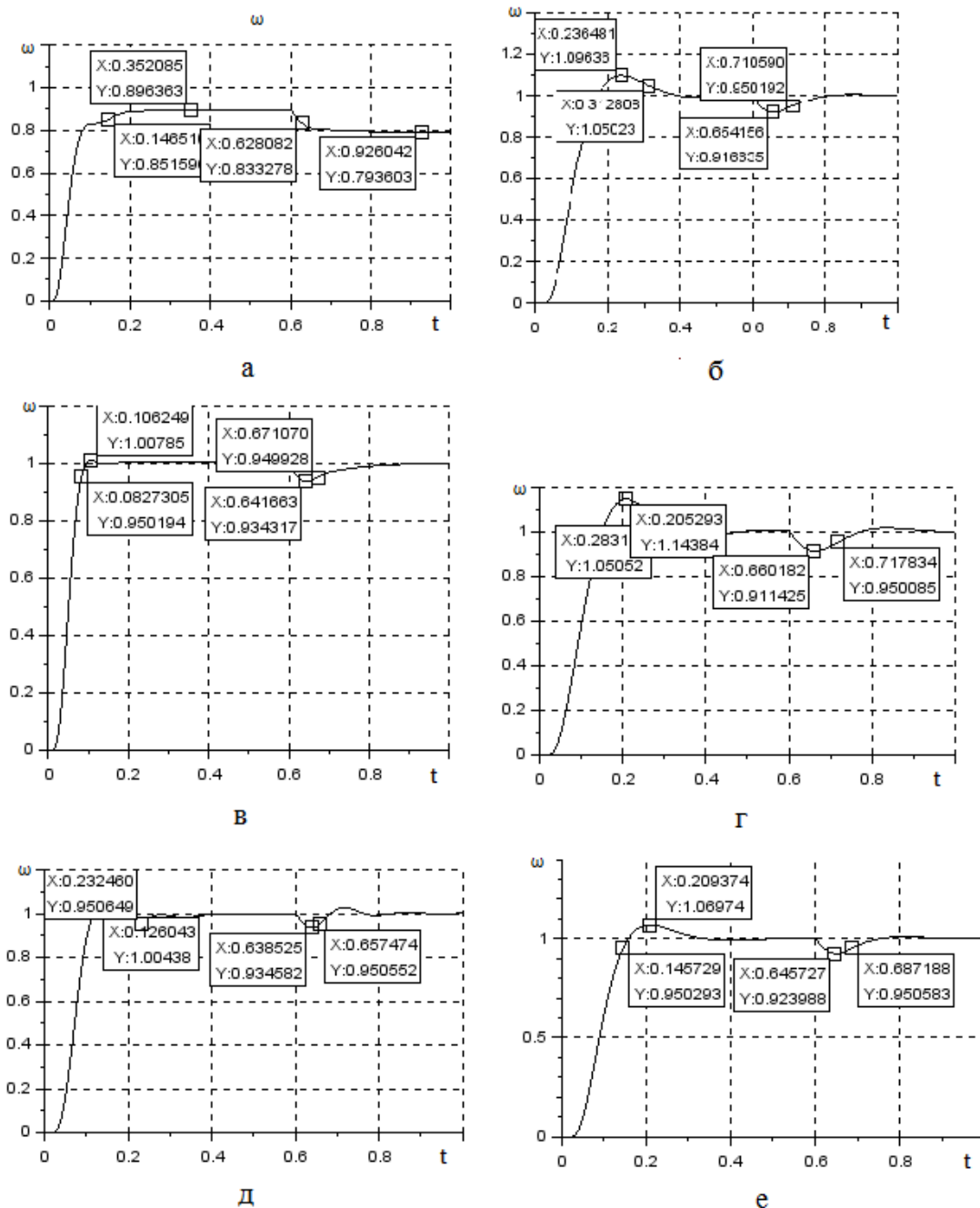


Рис. 3 – Графики переходных процессов при пуске электропривода и набросе нагрузки при настройке: а – на СМО; б – на ССО; в – на ОМО; г – по диаграммам качества; д, е – методом стандартных коэффициентов (фильтр Баттерворта и модульный оптимум)

По оси абсцисс на графиках отложено время  $t$  в секундах, по оси ординат – угловая скорость  $\omega$  в относительных единицах. На графиках нанесены координаты характерных точек для определения показателей качества – времени регулирования  $\tau$  и перерегулирования  $\sigma$ , численные значения которых сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Численные значения показателей качества для различных методов настройки

Метод настройки	Показатели качества			
	Пуск		Наброс нагрузки	
	$\tau$ , с	$\sigma$ , %	$\tau$ , с	$\sigma$ , %
1. Стандартный МО	0.147	0	0.028	0
2. Стандартный СО	0.313	9.636	0.054	8.34
3. Оригинальный МО	0.083	0.785	0.071	6.57
4. Диаграммы качества	0.283	14.38	0.118	8.86
5. Бином. распределение	0.317	9.976	0.092	8.1
6. Фильтр Баттерворта	0.232	0.438	0.057	6.542
7. Модульный оптимум	0.146	6.974	0.087	7.601

Для удобства сопоставления полученных результатов на рис. 4 приведены относительные значения показателей качества в долях от соответствующих величин для варианта настройки на ОМО.

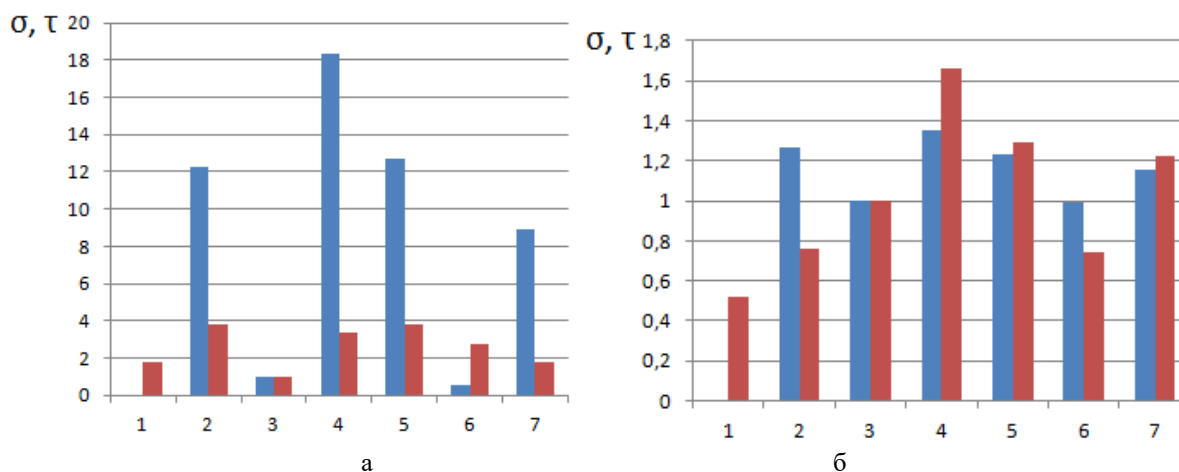


Рис. 4 – Относительные величины времени регулирования  $\sigma$  и перерегулирования  $\tau$  (а – при пуске, б – при набросе нагрузки)

Номера вариантов, проставленные около оси абсцисс на рисунке 4, соответствуют номерам методов настройки в таблице 2.

Анализ полученных результатов для принятых численных значений неизменяемых параметров электропривода позволяет сделать следующие выводы.

1. Наибольшее быстродействие при пуске электропривода обеспечивает настройка на оригинальный модульный оптимум с одновременным учётом задающего и возмущающего воздействий. При других методах настройки время регулирования оказывается в 1.76 – 3.82 раза больше.

2. Пуск электропривода при настройке на стандартный модульный оптимум происходит без перерегулирования, однако после затухания переходного процесса имеет место существенное отклонения угловой скорости от заданного значения – статизм превышает 10%, что во многих случаях неприемлемо.

3. Пуск при настройке на оригинальный модульный оптимум и при настройке методом стандартных уравнений с коэффициентами фильтра Баттерворта также происходит практически без перерегулирования ( $\sigma < 1\%$ ). Однако быстродействие в последнем случае примерно в 2.9 раза ниже.

4. При настройке системы со структурой ПИ-РС – П-РТ с использованием диаграмм качества время регулирования в 3.41 раза превышает аналогичный показатель для настройки на оригинальный модульный оптимум, а перерегулирование  $\sigma > 14\%$ , что существенно превышает рекомендуемые значения.

5. При набросе нагрузки переходный процесс заканчивается за минимальное время и без перерегулирования при настройке системы на стандартный модульный оптимум, но, как уже было отмечено выше, система с П-регулятором скорости и ПИ-регулятором тока с принятыми величинами неизменяемых параметров имеет низкую точность регулирования в статике. Сравнимые показатели по быстродействию при отработке наброса нагрузки имеют системы с настройкой на стандартный симметричный оптимум, оригинальный модульный оптимум и методом стандартных уравнений с коэффициентами фильтра Баттерворта; для остальных методов настройки быстродействие несколько ниже.

6. Минимальное перерегулирование при набросе нагрузки имеют системы, настроенные на оригинальный модульный оптимум и методом стандартных уравнений с коэффициентами фильтра Баттерворта.

7. Изложенное выше позволяет в первую очередь рекомендовать к применению систему управления со структурой ПИ-РС – П-РТ с настройкой на оригинальный модульный оптимум с одновременным учётом задающего и возмущающего воздействий.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Определение параметров системы управления электропривода

Величины неизменяемых параметров и выражения для коэффициентов характеристического уравнения системы:

$$\begin{aligned} T_g &:= 0.01 & T_a &:= 0.022 & T_m &:= 0.062 & \delta &:= 0.16 & i_c &:= 1 \\ a_5 &:= T_m \cdot T_a \cdot T_g & b_4 &:= -T_a \cdot T_g \cdot \delta \cdot i_c \\ a_4 &:= T_m \cdot (T_a + T_g) & b_3 &:= -(T_a + T_g) \cdot \delta \cdot i_c \\ a_3(\beta t) &:= T_g + (1 + \beta t) \cdot T_m & b_2(K, \beta t) &:= K - (1 + \beta t) \cdot \delta \cdot i_c \\ a_2(K, \alpha_c, \beta t) &:= 1 + K + \beta t \cdot \alpha_c & b_1(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta t) &:= K \cdot (\alpha_c + \alpha_t) - \beta t \cdot \alpha_t \cdot \delta \cdot i_c \\ a_1(K, \alpha_c, \alpha_t) &:= K \cdot (\alpha_c + \alpha_t) & b_0(K, \alpha_c, \alpha_t) &:= K \cdot \alpha_c \cdot \alpha_t \\ a_0(K, \alpha_c, \alpha_t) &:= K \cdot \alpha_c \cdot \alpha_t \end{aligned}$$

#### 1. При настройке на стандартные модульный и симметричный оптимумы

$$K := \frac{T_a \cdot T_m}{8 \cdot T_g^2} = 1.705 \quad \alpha_s := \frac{1}{8 \cdot T_g} = 12.5 \quad \beta t := \frac{1}{T_a} = 45.455 \quad \alpha_s := \frac{1}{8 \cdot T_g} = 12.5$$

#### 2. При настройке на оригинальный модульный оптимум

$$\beta t := \frac{1}{2} \left[ \frac{T_a}{T_g} + \frac{T_g}{T_a} - \frac{T_g \cdot T_a}{T_m^2} \cdot (\delta \cdot i_c)^2 \right] - \frac{T_g}{T_m} = 1.165$$

$$\begin{aligned} c_4 &:= T_m \cdot T_a \cdot T_g & d_3 &:= -T_a \cdot T_g \cdot \delta \cdot i_c \\ c_3 &:= T_m \cdot (T_a + T_g) & d_2 &:= -(T_a + T_g) \cdot \delta \cdot i_c \\ c_2 &:= T_g + (1 + \beta t) \cdot T_m & d_1(K) &:= K - (1 + \beta t) \cdot \delta \cdot i_c \\ c_1(K) &:= 1 + K & d_0(K, \alpha_c) &:= K \cdot \alpha_c \\ c_0(K, \alpha_c) &:= K \cdot \alpha_c & A &:= (1 + \beta t) \cdot \delta \cdot i_c \end{aligned}$$

$$K := \frac{1}{2} \cdot \frac{(A^2 - 1) \cdot c_4 - (d_2^2 - c_2^2 + 2 \cdot d_3 \cdot A + 2 \cdot c_3) \cdot (d_2 - c_2)}{(c_3 - d_3) \cdot (d_2 - c_2) + c_4 \cdot (1 + A)} = 4.461$$

$$\alpha_s := \frac{d_1(K)^2 - c_1(K)^2}{2 \cdot K \cdot (d_2 - c_2)} = 9.675$$

Принимаем

$$T_f := 0.02$$

#### 3. При настройке по диаграмме качества для рекомендуемой точки 2:

$$A := 0.823 \quad B := 0.2 \quad C := 0.7 \quad \text{Принимаем} \quad \omega_p := 90$$

$$\beta t := \frac{T_a \cdot \omega_p}{C} - 1 = 1.829$$

$$K := 0.34 \cdot A \cdot T_m \cdot T_a \cdot \omega_p^2 = 3.092$$

$$\alpha_c := \frac{B}{A \cdot C} \cdot \omega_p = 31.245$$

$$T_f := \frac{T_a}{B} \cdot \left( A - \frac{T_a}{T_m} \right) = 0.051$$

## 4. При настройке по стандартным уравнениям

$$\Omega_0(K, \alpha_c, \alpha_t) := \sqrt[5]{\frac{a_0(K, \alpha_c, \alpha_t)}{a_5}}$$

$$A_1(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) := \frac{a_1(K, \alpha_c, \alpha_t)}{a_5 \cdot \Omega_0(K, \alpha_c, \alpha_t)^4} \quad A_2(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) := \frac{a_2(K, \alpha_t, \beta_t)}{a_5 \cdot \Omega_0(K, \alpha_c, \alpha_t)^3}$$

$$A_3(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) := \frac{a_3(\beta_t)}{a_5 \Omega_0(K, \alpha_c, \alpha_t)^2} \quad A_4(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) := \frac{a_4}{a_5 \cdot \Omega_0(K, \alpha_c, \alpha_t)}$$

$$K := 2.413 \quad \alpha_c := 14.167 \quad \alpha_t := 23.372 \quad \beta_t := 1.161$$

## 4.1. Биниминальное распределение: Given

$$A_1(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 5 = 0 \quad A_2(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 10 = 0$$

$$A_3(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 10 = 0 \quad A_4(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 5 = 0$$

$$v := \text{Find}(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) \quad v^T = (1.957 \quad 15.724 \quad 9.235 \quad 0.701)$$

## 4.2. Фильтр Баттерворда: Given Tf := 0.08

$$A_1(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 3.24 = 0 \quad A_2(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 5.24 = 0$$

$$A_3(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 5.24 = 0 \quad A_4(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 3.24 = 0$$

$$v := \text{Find}(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) \quad v^T = (3.19 \quad 24.672 \quad 31.606 \quad Tf := 0.08)$$

## 4.3. Модульный оптимум Given

$$A_1(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 4 = 0 \quad A_3(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 8 = 0$$

$$A_2(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 8 = 0 \quad A_4(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) - 4 = 0$$

$$v := \text{Find}(K, \alpha_c, \alpha_t, \beta_t) \quad v^T = (2.413 \quad 14.167 \quad 25.372 \quad 1.166)$$

$$Tf := 0.08$$

## Список литературы / References

1. Шрейнер Р.Т. Системы подчинённого управления электроприводов. Ч. 1. Электроприводы постоянного тока с подчинённым регулированием координат: Учеб. пособие для вузов / Р.Т. Шрейнер. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та. 1977. – 279 с.
2. Сташинов Ю.П. К вопросу о настройке системы управления электропривода постоянного тока на модульный оптимум. Ч. 1 // Электротехника. № 1. 2016. – С. 2–7.
3. Терехов В.М. Системы управления электроприводов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов; Под ред. В.М. Терехова. – М.: Издательский центр «Академия». 2005. – 304 с.
4. Комплексные системы управления электроприводами тяжёлых металлорежущих станков / Н.В. Донской, А.А. Кириллов, Я.М. Купчан и др.; Под ред. А. Д. Поздеева. – М.: Энергия. 1980. – 288 с.
5. Шёнфельд Р., Хабигер Э. Автоматизированные электроприводы: Пер. с нем / Р. Шёнфельд, Э. Хабигер; Под ред. Ю.А. Борцова. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние. 1985. – 464 с.

## Список литературы на английском языке/ References in English

1. Shrejner R.T. Sistemy podchinjonno go upravlenija jelektroprivodov. Chast' 1. Jelektroprivody postojannogo toka s podchinjonny m regulirovaniem koordinat: Ucheb. posobie dlja vuzov [Systems of the subordinated control of electric drives. Part 1. DC electric drives with the subordinated regulation of coordinates: Manual for higher education institutions] / R.T. Shrejner. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. gos. prof.-ped. un-ta. 1977. – 279 p. [in Russian]
2. Stashinov Ju.P. K voprosu o nastrojke sistemy upravlenija jelektroprivoda postojannogo toka na modul'nyj optimum. Ch. 1 [On the issue of control system adjustment of a direct current drive on the modulus optimum. Part 1] / Yu.P. Stashinov. // Jelektrotehnika. № 1. 2016. – P. 2–7. [in Russian]
3. Terehov V.M. Sistemy upravlenija jelektroprivodov: Uchebnik dlja stud. Vyssh. Ucheb. Zavedenij [Control systems of electric drives: The textbook for students of higher education institutions] / V.M. Terehov, O.I. Osipov; edited by V.M. Terehov. M.: Izdatel'skij centr «Akademija». 2005. – 304 p. [in Russian]



4. Komplektnye sistemy upravleniya jelektroprivodami tjazhjolih metallovezhushhih stankov [Complete control systems of electric drives of heavy metal-cutting machines] / N. V. Donskoy, A. A. Kirillov, Ya. M. Kupchan and others; edited by A. D. Pozdeev. – M.: Jenergija. 1980. – 288 p.

5. Shjonfel'd R., Habiger Je. Avtomatizirovannye jelektroprivody: Per. s nem. [The automated electric drives: Transl. from German] / edited by Yu.A. Borczov. – L.: Jenergoatomizdat. Leningr. otd-nie. 1985. – 464 p.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.067>

Стерлягов С.П.<sup>1</sup>, Селютин Е.П.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-2334-1559, кандидат технических наук, доцент,

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-6374-4670, магистрант,  
Алтайский государственный университет

# ПРИМЕНЕНИЕ USER EXPERIENCE/USER INTERFACE МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

*Аннотация*

*В статье рассматривается проблема отсутствия единого подхода к проектированию мобильных приложений. Приведены статистические данные динамики развития рынка мобильных приложений. Выявлены различия мобильных веб-сервисов и мобильных приложений, в том числе на этапе проектирования. Рассмотрены особенности применения технологии User Experience/User Interface (UX/UI) в разработке мобильных приложений. Выделены основные этапы и систематизированы основные виды работ для основных категорий специалистов, реализующих UX/UI-технологии.*

**Ключевые слова:** мобильные приложения, user experience, user interface, информационная архитектура, проектирование ПО.

Sterlyagov S.P.<sup>1</sup>, Selyutina E.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-2334-1559, PhD in Engineering, Associate Professor,

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0001-6374-4670, Graduate Student, Altai State University

# APPLICATION OF USER EXPERIENCE/USER INTERFACE MODELING FOR MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT

*Abstract*

*The article describes the problem of no unified approach of mobile application development. The statistical data on the development dynamics of the mobile application market are given as well. The differences between mobile web services and mobile applications, including those at the design stage, are revealed. Features of the User Experience/User Interface (UX/UI) technology in mobile application development are also considered. The main stages have been identified and the main types of works for the main categories of specialists implementing the UX/UI technology have been systematized.*

**Keywords:** mobile applications, user experience, user interface, information architecture, software design.

Согласно отчёту comScore [1], число мобильных пользователей превзошло число пользователей персональных компьютеров еще в 2014 году. Сегодня мобильные приложения создаются не только для смартфонов, они нужны для носимых устройств, «умных домов», смарт-автомобилей, интернета вещей и многих других устройств.

Для малого и среднего бизнеса создание мобильного приложения было слабо распространено еще 2-3 года назад, так как еще в 2014 году количество смартфонов не превышало в России 25,9 млн. устройств [2]. Динамику продаж смартфонов за период с 2012-2016 гг. смотрите на рис. 1.

Разработка мобильного приложения требовала существенных инвестиций и привлечения команды разработчиков. Если крупные студии разработок могут позволить выделить ресурсы, а именно время, деньги и специалистов на индивидуальный анализ бизнес-процессов заказчика, а также предоставить несколько вариантов макетов и дизайна интерфейса, то средние и маленькие студии должны качественно спроектировать мобильное приложение в сжатые сроки, чтобы понести наименьшие расходы.



Рис. 1 – Количество проданных смартфонов в России (в млн.шт.) [2]

Сейчас, с развитием программного обеспечения, большинство студий разработок готовы предложить свои услуги по приемлемой цене. Более половины желающих создать мобильное приложение для своего бизнеса разработают его уже в 2017 году [1]. По данным Google 39% пользователей мобильных устройств совершают с них покупку, 55% ищут товары или услуги с помощью своих смартфонов с целью совершения дальнейшей покупки [3].

В связи с тем, что бум разработок мобильных приложений начался с 2016 года и продолжается по сегодняшний день, необходимо выявить различия проектирования мобильных версий веб-сервисов и мобильных приложений:

1. Первое существенное различие — нативные (*нативное мобильное приложение (англ. native mobile application) – мобильное приложение, разработанное под конкретную мобильную платформу и требующее от разработчика специальных знаний и умений для работы в конкретной среде разработки (xCode для iPhone, eclipse для устройств на Android и др.)*) [11] и гибридные (*гибридное или кроссплатформенное мобильное приложение – мобильное приложение, разработанное под несколько мобильных платформ при помощи одной среды разработки*) [11] мобильные приложения разрабатываются под мобильную платформу (iPhone iOS, iPad iOS, Android Phone, Android Tablet, Windows Phone), в то время как мобильный веб-сервис под браузер.

2. Данные в мобильном веб-сервисе возвращаются с серверов, на котором расположен веб-сервис, в то время как мобильное приложение, после его скачивания, с сервисов мобильных платформ (App Store, Google Play, Windows Phone, Ovi Store), располагается на телефоне пользователя и может не взаимодействовать с другими серверами. Данное отличие очень важно при построении информационной архитектуры, размера передачи данных и времени получения информации пользователем.

3. У каждой мобильной платформы под каждую версию операционной системы есть свои гайдлайны (*гайдлайн (англ. guideline) – это руководство, описывающее основные принципы грамотного применения визуальных идентификаторов бренда на различных носителях в различных коммуникациях*) [8], которые описывают принципы построения элементов в мобильном приложении, начиная от отступов между элементами и заканчивая названием и цветом шрифтов. Мобильный веб-сервис же работает на всех устройствах и платформах одинаково, так как прописал в них разработчик по макету дизайнера.

4. Еще одним отличием является специальные функциональные возможности мобильного приложения:

1) Загрузка данных с телефона в мобильное приложение. Если в мобильном веб-сервисе при прикреплении файла необходимо вызвать стороннее приложение «проводник», то в мобильном приложении загрузка идет напрямую.

2) Возможность использовать камеру телефона, тем самым делать снимки, не выходя из приложения, а также добавлять ей дополнительные возможности.

3) Использование мобильным приложением геолокации позволяет в реальном времени отслеживать ваше местоположение, строить маршрут и прочее.

4) Одно из немаловажных преимуществ мобильного приложения в том, что оно может вызывать push-уведомления (*push-уведомления – это краткие всплывающие уведомления, которые появляются на экране мобильного телефона или обычного компьютера и сообщают о важных событиях и обновлениях*) [11], которые сигнализируют пользователю о каком-либо событии.

5) Управление мобильным приложением жестами является еще молодой, но стремительно развивающейся технологией.

5. Часто мобильный веб-сервис «копирует» десктопный стиль, пытаясь уместить полный функционал сервиса на экране мобильного телефона, при разработке мобильного приложения применяется иной подход, предусматривающий полное соответствие характеристикам устройства.

Как и разработка любого программного обеспечения, разработка мобильных приложений включает такие этапы, как анализ требований к проекту; проектирование; реализация; тестирование продукта; внедрение и поддержка [7].

Решением проблемы отсутствия универсального подхода для проектирования индивидуального мобильного приложения может послужить User Experience (далее UX) (*User Experience, UX (рус. опыт пользователя, опыт взаимодействия) — это восприятие и ответные действия пользователя, возникающие в результате использования и/или предстоящего использования продукции, системы или услуги*) и User Interface (далее UI) (*User Interface, UI (рус. интерфейс пользователя, пользовательский интерфейс) — интерфейс, обеспечивающий передачу информации между пользователем-человеком и программно-аппаратными компонентами компьютерной системы*) моделирование для разработки мобильного приложения [9], [10]. Данный подход подходит для любого размера студии, а также оптимизирует ресурсы на проектирование так, что качество проектирования мобильного приложения будет выше среднего или высоким, а затраты останутся прежними.

UX и UI моделирование проходят на этапе проектирования. Цель UX/UI моделирования – довести пользователя до какой-то логической точки в интерфейсе, а именно, чтобы он достиг своей цели. Не следует объединять UI дизайн и UX моделирование, пусть они и похожи, и их часто выполняет один человек [4].

UX есть то, какой опыт/впечатление получает пользователь от работы с интерфейсом. UX моделирование включает в себя такие области как **информационная архитектура**, отвечающая за организацию данных в приложении; **проектирование взаимодействия**, сосредотачивающееся на средствах управления, механизмах и процессах, наличие которых необходимо пользователям для выполнения их задач; **визуальный дизайн**, фокусирующийся на эстетике пользовательского интерфейса; и **исследование юзабилити** (*юзабилити, удобство использования, (англ. usability — дословно «возможность использования», «способность быть использованным», «полезность») — понятие в микроэргономике, эргономическая характеристика степени удобства предмета для применения пользователями при достижении определённых целей в некотором контексте*), которое оценивает эффективность работы пользователей с интерфейсом и на основе оценки предлагает рекомендации по ее исправлению [5]. Конечно, часто визуальный дизайн и исследование юзабилити выносят за рамки UX моделирования, так как они являются основными компетенциями UI дизайнера, но и они должны быть учтены при UX моделировании, хоть и в меньшей степени. В отличие от UI, UX моделирование является более комплексным подходом к взаимодействию пользователя с интерфейсом. В России, человека, занимающегося UX моделированием, называют UX-дизайнером. Этот человек должен учесть при проектировании все мелочи, начиная от среды пользователя и типа электронного устройства и заканчивая способами ввода и отображения информации.

Как уже было упомянуто выше, UI дизайн отвечает за визуальное представление пользовательского интерфейса и является более узким понятием. Визуальное представление — это определенный набор графических элементов, а именно кнопок, флажков, меню и других. UI дизайнеру необходимо добиться общего позитивного расположения пользователя к сервису через эстетически направленный дизайн. Помимо того, что каждый элемент должен быть эстетически приятным и должен красиво сочетаться с другими элементами, UI дизайнер должен учесть гайдлайны, брендбуки проекта. Гайдлайны или фирменный стиль — сборник правил, регулирующих использование логотипа, шрифтов, фирменных цветов и других визуальных идентификаторов бренда [6]. При разработке дизайна для мобильного приложения дополнительно необходимо учесть UI Kit (*UI Kit — это набор элементов пользовательского интерфейса. Набор элементов в одном стиле, сделанные профессионалами, которые дизайнеры могут использовать в своих проектах*), Москир (*москир или tosk-ир (макет) — неработающая модель, выполненная в натуральную величину и выглядящая так, как будет выглядеть работающий экземпляр*) и другие элементы для каждой операционной системы телефона и размера экрана [9]. Как уже отмечалось ранее, UX/UI моделирование часто объединяют и возлагают на плечи одного специалиста – UX/UI дизайнера.

Сейчас в литературе и других информационных источниках UX/UI моделирование описывается как общая концепция проектирования, и нет описания последовательности этапов проектирования. В данной статье предпринята попытка выделить основные этапы, соответствующие общей концепции.

Процесс UX/UI моделирования для мобильных телефонов заключается в следующем. Перед этапом проектирования, а именно UX/UI моделированием, завершается этап анализа требований, в котором определяется идея, цель, задачи приложения, информационные источники, гайдлайны заказчика, определяется мобильная платформа будущего мобильного приложения.

UX моделирование начинается с анализа решений конкурентов. Здесь анализируются существующие мобильные приложения конкурентов, выделяются преимущества и недостатки данных приложений. Это необходимо для того, чтобы добавить в разрабатываемое приложение лучшие практики и избежать возможных ошибок.

Далее, из анализа требований заказчика и анализа конкурентных приложений определяется функционал мобильного приложения. На этом этапе UX-специалист должен ранжировать значимость каждой функциональной части, расставить приоритетность ее реализации. Определить такое количество используемых элементов, чтобы интерфейс для пользователя не казался избыточным, размытым или недостаточным. Допущение ошибок на этом этапе моделирования влечет неизбежные проблемы на этапе реализации.

После определения функций приложения, UX-специалист моделирует сценарий использования мобильного приложения. При помощи сценария выявляется цель, которой будет достигать пользователь на каждом из экранов приложения. Если функции мобильного приложения трудно описать в сценарии использования, то в таком случае предварительно рекомендуется составить карту использования – Feature Map, которая представляет собой порядок разработки функций, помогающий определить масштаб – рамки проекта.

Одним из стратегических важных компонентов UX моделирования является структура интуитивно понятной навигации. На основе собственного опыта и юзабилити-тестов похожих мобильных приложений прорабатываются элементы навигации, их количество, сложность, ассоциативное восприятие.

Завершающим этапом UX моделирования является создание прототипа приложения. Данный этап содержит в себе расстановку функциональных элементов на экранах будущего мобильного приложения. Обычно данный этап моделирования интересен заказчику и UX-специалист вместе с ним от руки заполняют шаблоны экранов телефонов

разных мобильных платформ. Набор таких шаблонов называют App Sketchbook (*скетчбук, скечбук — буквально переводится, как альбом для набросков (sketch, скетч — это набросок, book — книга). Раньше мы именно так и называли эти блокноты — альбом для рисования, альбом для зарисовок, альбом для набросков*). Расстановка элементов на экранах осуществляется для каждого размера экрана в вертикальном и горизонтальном расположении. Далее шаблоны переносятся в электронный вид, после чего накладывается анимация перехода, устанавливаются зависимости между элементами. После утверждения заказчиком прототипа мобильного приложения UI-дизайнер отрисовывает каждый элемент интерфейса так, как он будет выглядеть после верстки.

UI-дизайнер руководствуется гайдлайнами мобильной платформы, под которую разрабатывается мобильное приложение, а также фирменным стилем заказчика, если это возможно. Разработка дизайна делится на 5 этапов: разработка эскиза главного экрана, утверждение заказчиком главного экрана, разработка эскизов всех экранов мобильного приложения и иконки, утверждение заказчиком дизайна. Последним этапом является написание дизайнером руководства для специалиста, занимающегося версткой, в котором будут описаны детали расположения объектов, цвета, шрифты и прочее.

Если UX/UI специалист не является высококачественным и дорогостоящим, то рекомендуется воспользоваться консультацией профессионала в другой студии, показывая ему прототип и макеты мобильного приложения. Данная рекомендация особенно актуальна для маленьких студий разработок.

После того, как макет дизайна был передан разработчикам, активная часть UX/UI моделирования завершается и переходит в пассивное наблюдение за работой разработчиков, где UX/UI-специалист следит за соответствием макета реальному приложению. После выхода бета-версии мобильного приложения для ограниченного круга пользователей UX/UI-специалистом оценивается уровень удовлетворенности пользователей данной версией и вносятся коррективы.

Таким образом, применение технологии UX/UI-моделирования для мобильных приложений позволяет повысить качество проектирования, а также сократить затраты, связанные с исправлением ошибок проектирования за счет допущения меньшего количества или недопущения ошибок еще на этапе проектирования. Причем эти затраты могут превосходить изначальную стоимость разработки мобильного приложения в несколько раз. Качество проектирования влияет не только на удобное взаимодействие мобильного приложения с потенциальным пользователем, но и качество работы программистов за счет отсутствия необходимости вносить изменения в информационную структуру приложения на этапе реализации.

#### Список литературы / References

1. comScore, Inc. «Российская Digital индустрия в 2015 году», 2015г. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.comscore.com/rus/Insights/Press-Releases/2015/11/comScore-releases-its-2015-Russia-Digital-Future-in-Focus-Report> (дата обращения: 18.04.2017)
2. Семенов А. «Мобильный рынок России: обзор, прогнозы, рекомендации», 2015г. [Электронный ресурс] – URL: <http://app2top.ru/industry/mobil-ny-j-ry-nok-rossii-obzor-prognozy-i-rekomendatsii-53438.html> (дата обращения: 25.04.2017)
3. Сидоров И. Google «Покупки с мобильных устройств», 2014г. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.slideshare.net/CPAex/google-russia-55962910> (дата обращения: 28.05.2017)
4. Сегодин А. «Что такое UX/UI дизайн на самом деле?», 2017г. [Электронный ресурс] – URL: <https://habrahabr.ru/post/321312/> (дата обращения: 12.06.2017)
5. Macefield R. «Что такое UX дизайн?» Перевод: Т. Кудреватых, 2012г. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.cmsmagazine.ru/library/items/usability/ux-design-defined/> (дата обращения: 19.04.2017)
6. Савина А. «10 брендбуков и гайдлайнов известных компаний», 2013г. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.lookatme.ru/mag/live/inspiration-lists/196757-brandbooks> (дата обращения: 04.06.2017)
7. Павел Ш. «Этапы разработки мобильного приложения в Magora Systems», 2016г. [Электронный ресурс] – URL: <https://magora-systems.ru/etapy-razabotki-prilozheniy/> (дата обращения: 19.04.2017)
8. Лебедев А. «§ 117. Гайдлайны», 2005г. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.artlebedev.ru/kovodstvo/sections/117/> (дата обращения: 25.05.2017)
9. WINFOX – студия разработок, «Создание дизайна приложений для iPhone и iPad (iOS)», 2016г. [Электронный ресурс] – URL: <http://wnfx.ru/sozдание-dizayna-prilozheniy-dlya-iphone-i-ipad/> (дата обращения: 19.04.2017)
10. Ким В.Ю. Особенности разработки дизайна пользовательского интерфейса для мобильного приложения // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2015. №18. [Электронный ресурс] – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razrabotki-dizayna-polzovatelskogo-interfeysa-dlya-mobilnogo-prilozheniya> (дата обращения: 16.06.2017)
11. Панфилов К. «Кроссплатформенные приложения против нативных: сравнение и выбор подходов», 2015г. [Электронный ресурс] – URL: <http://wnfx.ru/sozдание-dizayna-prilozheniy-dlya-iphone-i-ipad/> (дата обращения: 13.04.2017)

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. comScore, Inc. «Rossiyskaya Digital industriya v 2015 godu» [Russian Digital Industry in 2015], 2015г. [Electronic resource] – URL: <https://www.comscore.com/rus/Insights/Press-Releases/2015/11/comScore-releases-its-2015-Russia-Digital-Future-in-Focus-Report> (accessed: 18.04.2017). [in Russian]
2. Semenov A. «Mobil'nyy rynek Rossii: obzor, prognozy, rekomendatsii» [Mobile market in Russia: overview, forecasts, recommendations], 2015г. [Electronic resource] – URL: <http://app2top.ru/industry/mobil-ny-j-ry-nok-rossii-obzor-prognozy-i-rekomendatsii-53438.html> (accessed: 25.04.2017). [in Russian]
3. Sidorov I. Google «Pokupki s mobil'nykh ustroystv» [Purchases from mobile devices], 2014г. [Electronic resource] – URL: <https://www.slideshare.net/CPAex/google-russia-55962910> (accessed: 28.05.2017). [in Russian]
4. Segodin A. «Chto takoye UX/UI dizayn na samom dele?» [What is UX / UI design really?], 2017г. [Electronic resource] – URL: <https://habrahabr.ru/post/321312/> (accessed: 12.06.2017). [in Russian]

5. Macefield R. «Chto takoye UX dizayn?» Perevod: T. Kudrevatykh [What is UX design?], 2012г. [Electronic resource] – URL: <http://www.cmsmagazine.ru/library/items/usability/ux-design-defined/> (accessed: 19.04.2017). [in Russian]
6. Savina A. «10 brendbukov i gaydlaynov izvestnykh kompaniy» [10 brandbooks and guidebooks of famous companies], 2013г. [Electronic resource] – URL: <http://www.lookatme.ru/mag/live/inspiration-lists/196757-brandbooks> (accessed: 04.06.2017). [in Russian]
7. Pavel SH. «Etapy razrabotki mobil'nogo prilozheniya v Magora Systems» [Stages of developing a mobile application in Magora Systems], 2016г. [Electronic resource] – URL: <https://magora-systems.ru/etapy-razabotki-prilojeniy/> (accessed: 19.04.2017). [in Russian]
8. Lebedev A. «§117. Gaydlayny» [§117. Guide Line], 2005г. [Electronic resource] – URL: <https://www.artlebedev.ru/kovodstvo/sections/117/> (accessed: 25.05.2017). [in Russian]
9. WINFOX – studiya razrabotok, «Sozdaniye dizayna prilozheniy dlya iPhone i iPad (iOS)» [Creating the design of applications for the iPhone and iPad (iOS)], 2016г. [Electronic resource] – URL: <http://wnfx.ru/sozdanie-dizayna-prilozheniy-dlya-iphone-i-ipad/> (accessed: 19.04.2017). [in Russian]
10. Kim V.YU. Osobennosti razrabotki dizayna pol'zovatel'skogo interfeysa dlya mobil'nogo prilozheniya [Features of the design of the user interface for the mobile application] // Novyye informatsionnyye tekhnologii v avtomatizirovannykh sistemakh [New information technologies in automated systems]. 2015. №18. [Electronic resource] – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-razrabotki-dizayna-polzovatel'skogo-interfeysa-dlya-mobilnogo-prilozheniya> (accessed: 16.06.2017). [in Russian]
11. Panfilov K. «Krossplatformennyye prilozheniya protiv nativnykh: sravneniye i vybor podkhodov» [Cross-platform applications against native: comparison and choice of approaches], 2015г. [Electronic resource] – URL: <http://wnfx.ru/sozdanie-dizayna-prilozheniy-dlya-iphone-i-ipad/> (accessed: 13.04.2017). [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.001>

Требухин А.В.<sup>1</sup>, Остроух Е.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Магистрант, Донской государственный технический университет

<sup>2</sup>Кандидат технических наук, доцент, Донской государственный технический университет

*Статья написана при поддержке гранта РФФИ № 16-01-00391 «Разработка комбинированных алгоритмов для решения распределительных и транспортных задач с использованием идеологии искусственных иммунных систем и биоинспирированных алгоритмов»*

## МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ С МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИЕЙ

**Аннотация**

*Описываются методы решения и особенности оптимизационных задач с мультимодальной целевой функцией, с использованием биоинспирированных алгоритмов, в частности, основное внимание уделено генетическим и иммунным алгоритмам. Рассматриваются и анализируются основные проблемы, недостатки и преимущества. Предложены конкретные примеры реализации таких алгоритмов, а также блок-схемы к ним. Произведен вычислительный эксперимент с целью проверки работы запрограммированного алгоритма на целевой функции Шуберта.*

**Ключевые слова:** алгоритмы оптимизации, биоинспирированные алгоритмы, иммунная система, генетические алгоритмы, теория клонального отбора.

Trebukhin A.V.<sup>1</sup>, Ostroukh E.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Student, Don State Technical University,

<sup>2</sup>PhD in Engineering, Associate professor, Don State Technical University

*The article was written with the support of the RFBR grant No. 16-01-00391 "Development of combined algorithms for solving distribution and transport problems using the ideology of artificial immune systems and bioinspiral algorithms"*

## METHODS FOR SOLVING OF OPTIMIZATION PROBLEMS WITH MULTIMODAL TARGET FUNCTION

**Abstract**

*Methods of solving and singularities of optimization problems with a multimodal objective function are described with the use of bioengineered algorithms, in particular, the main attention is paid to genetic and immune algorithms. The main problems, disadvantages and advantages are examined and analyzed. Specific examples of the implementation of such algorithms, as well as block diagrams to them are proposed. A computational experiment was performed to check the operation of the programmed algorithm on the Schubert target function.*

**Keywords:** optimization algorithms, bioinspired algorithms, immune system, genetic algorithms, clonal selection theory.

Особенности целевой функции, такие как дискретность и мультимодальность, не дают возможности для использования классических методов (метод ветвей и границ, спортивного спуска и другие), поэтому возникает необходимость в использовании альтернативных методов решения оптимизационных задач с мультимодальной целевой функцией. Рассмотрим биоинспирированные алгоритмы как альтернативные методы решения таких задач, в частности генетические и иммунные алгоритмы.

Понятие «биоинспирированные алгоритмы» можно более подробно объяснить, как алгоритмы, вдохновленные процессами живой природы. Иначе говоря, это использование алгоритмов методов оптимизации, основанных на элементах живой природы для моделирования каких-либо явлений и поиска наиболее эффективных решений.

**Генетические алгоритмы.** Существует такой подкласс биоинспирированных алгоритмов, как генетические алгоритмы. Они имитируют некоторые фундаментальные аспекты эволюционного процесса неodarвинистской теории. Алгоритм проводит одновременно поиск с набором популяций (решений) кандидатов и связывает с ними объективную оценку, как определяющее значение для каждого из них. Затем алгоритм выбирает из полученных значений среди популяций те решения, которые являются наиболее подходящими. Следующее поколение (т.е. новая популяция) состоит из повторов подходящих значений, которые были генетически мутированы и перешли в следующую биологическую фазу: значения переменных были получены таким образом, что они наследовали характеры своих родителей, а также изменялись случайным образом. Размер этой промежуточной популяции в ходе работы алгоритма уменьшается до размера популяции родителей за счет исключения наименее подходящих под определяющее значение решений [1].

Сформулируем один из способов биологической эволюции на примере практической реализации естественным языком программирования:

«Генетический алгоритм»

НАЧАЛО

Создать начальную популяцию

Оценить приспособленность каждой особи

Стоп:= TRUE

ПОКА Стоп:= TRUE ВЫПОЛНЯТЬ

НАЧАЛО

Выбрать две особи с высокой пригодностью, согласно критерию приспособленности, из предыдущего поколения;

Скрестить выбранные особи и получить двух потомков;

Каждую особь подвергнуть мутации;

Оценить приспособленности потомков;

Поместить потомков в новое поколение;

КОНЕЦ

ЕСЛИ популяция сошлась ТО Стоп:= FALSE

КОНЕЦ

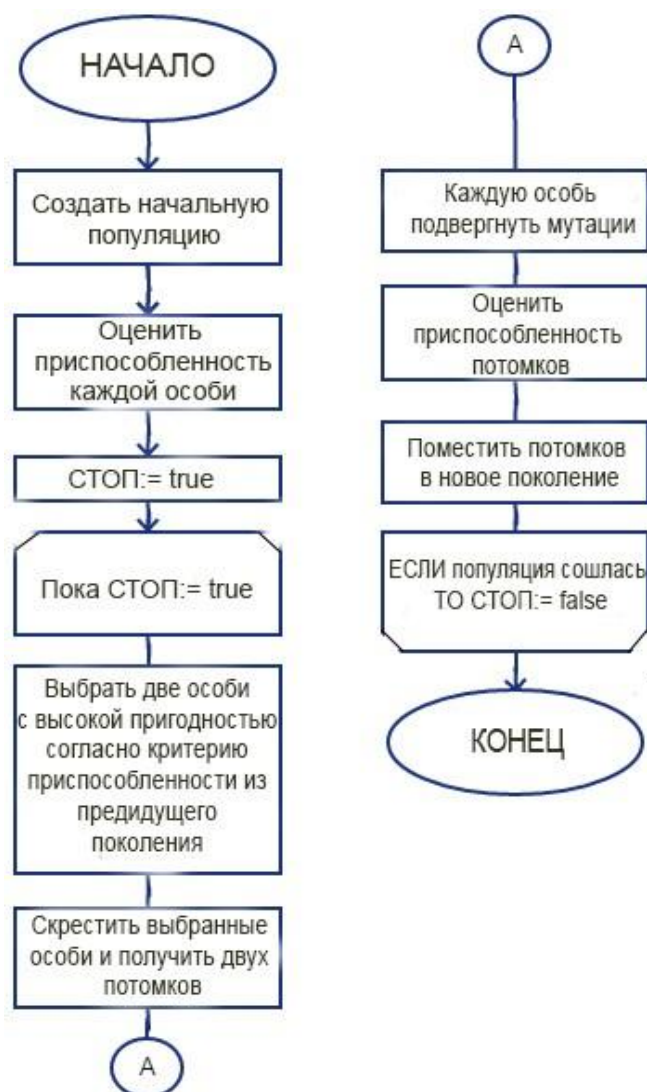


Рис. 1 – Блок-схема генетического алгоритма



Данный метод нахождения оптимального значения, основанный на генетическом алгоритме имеет свои особенности:

-к плюсам можно отнести высокую точность нахождения лучшего решения, которая находится в прямой зависимости от начального размера популяции;

-к минусам следует отнести низкую скорость выполнения эволюционного алгоритма, основываясь на большом размере начальной популяции особей. Это обосновано тем, что в ходе алгоритма выполняется целенаправленный перебор значений, который, в свою очередь, позволяет избежать ухудшения результата, полученного на предыдущих этапах выполнения алгоритма, что уже можно отнести к плюсам этого алгоритма.

Таким образом и основываясь на этом примере можно запрограммировать в общем виде почти любую задачу, решаемую с помощью генетических алгоритмов оптимизации.

**Иммунные алгоритмы.** Следующим этапом в развитии такого рода алгоритмов стали иммунные алгоритмы. Они основаны на особенностях функционирования иммунной системы. Иммунная система является одной из самых сложных систем организма человека, а также биологической системой способной к «интеллектуальной» обработке информации. Здесь подразумевается использование таких понятий как обучение, память, возможность распознавания и принятия решения в заранее незнакомой системе ситуации [2]. В различных теориях о иммунной системе чужеродные организмы называют *антигенами*, для уничтожения которых иммунитет вырабатывает специальные клетки – *антитела*. Способ обнаружения антител заключается в сравнении свойств различных агентов. Сравнение основано на принципе негативной селекции, который заключается в том, что свойства иммунитета отсутствуют в организме, если у агента обнаружены эти свойства, то он чужой. Следующим этапом является клonalная селекция. На этом шаге организм начинает вырабатывать антитела максимально похожие на антигены, что представляет собой процесс клонирования и мутации копий антитела в случайных позициях в ходе работы алгоритма искусственной иммунной системы [3].

Рассмотрим иммунный алгоритм для решения задач оптимизации в общем виде:

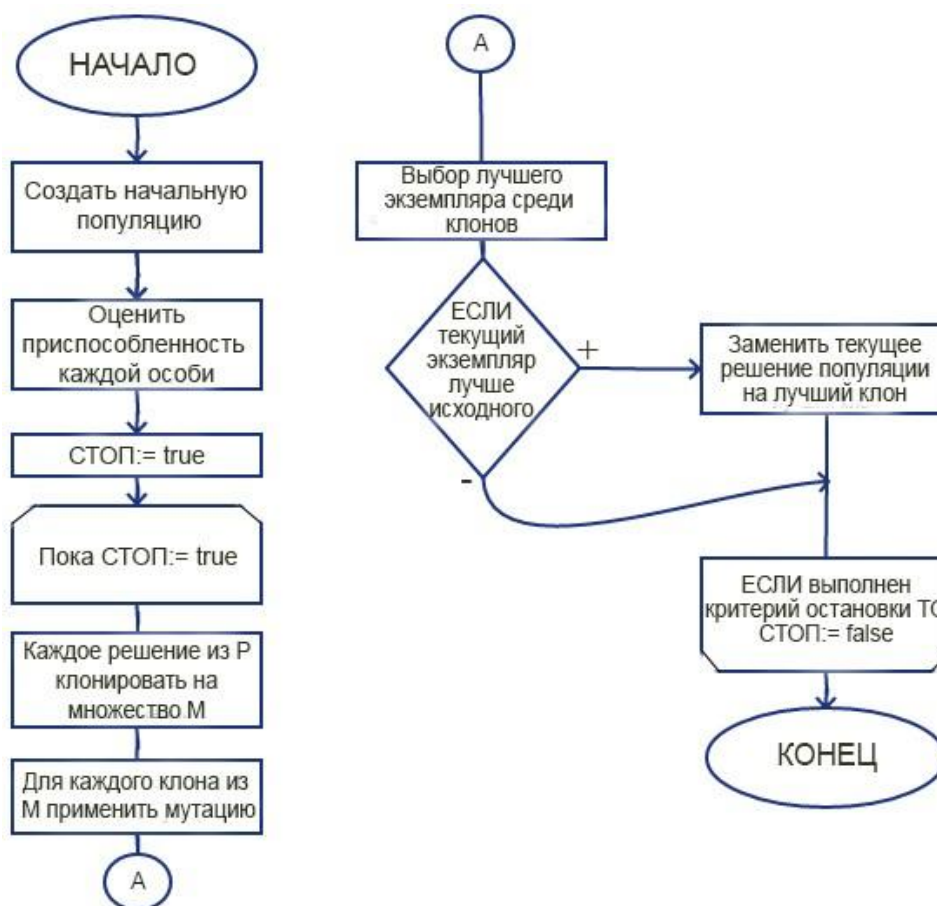


Рис. 2 – Блок-схема иммунного алгоритма

«Иммунный алгоритм»

НАЧАЛО

Создать начальную популяцию P

Оценить приспособленность каждой особи

Стоп:= TRUE

ПОКА Стоп:= TRUE ВЫПОЛНЯТЬ

НАЧАЛО

Каждое решение из P клонировать на множество M;

Для каждого клона из M применить мутацию;

Выбор лучшего экземпляра среди клонов;



ЕСЛИ текущий экземпляр лучше исходного ТО  
заменить текущее решение популяции на лучший клон;

КОНЕЦ

ЕСЛИ выполнен критерий остановки ТО Стоп:= FALSE

КОНЕЦ

Критерием остановки алгоритма обычно является либо достижение лимита по времени, либо достижение лимита по итерациям.

Рассмотренный вид иммунных алгоритмов имеет ряд особенностей, таких как воспроизводство кандидатов методом клональной селекции, разнообразие экземпляров, основываясь на принципе мутации, возможность реализации метода параллельного поиска, что можно отнести к плюсам иммунных методов алгоритмизации.

#### Результаты численных экспериментов.

Проверим описанный ранее иммунный алгоритм на конкретной целевой функции. Для этого используем двумерную функцию Шуберта:

$$F(x, y) = - \sum_{i=1}^5 i \cos((i+1)x + i) \times \sum_{i=1}^5 i \cos((i+1)y + i)$$

Для определения максимального значения функции на некотором промежутке был проведен вычислительный эксперимент с использованием иммунного алгоритма. Подготовка к эксперименту состояла в написании программы для вычисления экстремума функции на языке C++ в среде MS Visual Studio. Начальными аргументами функции были выбраны значения «1» и «2», как произвольные. Количество поколений (итераций работы алгоритма) – 1000. Проведенный вычислительный эксперимент показал результат: экстремум функции – 72.5552.

**Заключение.** Таким образом биоинспирированные алгоритмы являются относительно молодой областью научных интересов в теории оптимизации. У рассмотренных алгоритмов есть свои особенности: достоинства и недостатки, но у них, определенно, есть перспективы для развития и создания более совершенных решений, сочетающих положительные свойства разных видов биоинспирированных алгоритмов.

#### Список литературы / References

1. Гладков Л.А. Генетические алгоритмы / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик. – М.: Физматлит, 2006. – 320 с.
2. Кушнир Н. В. Искусственные иммунные системы: обзор и современное состояние [Электронный ресурс] / Н. В. Кушнир, А. В. Кушнир, Е. В. Анацкая, П. А. Катыхшева, К. Г. Устинов // Кубанский государственный технологический университет. – Режим доступа: <http://ntk.kubstu.ru/file/714> (дата обращения: 20.05.17).
3. Блюм В. С. Иммунная система и иммунокомпьютинг [Электронный ресурс] / В. С. Блюм, В. П. Заболотский // Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН. – Режим доступа: [www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-16-html/blum/blum.pdf](http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-16-html/blum/blum.pdf) (дата обращения: 20.05.17).
4. Барышев А.В., Федотова Е.Л. К вопросу использования надстройки Excel «поиск решения» в задачах линейного программирования [Электронный ресурс]// Интернет-журнал «Наукovedение». – 2015. – № 3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/54TVN315.pdf> (дата обращения: 22.07.2017)
5. Пантелеев А.В., Мелицкая Д.В. Применение метода искусственных иммунных систем в задачах поиска условного экстремума функций / А.В. Пантелеев, Д.В. Мелицкая // Научный вестник МГТУ ГА. – 2012. – № 184. – С. 54-61.
6. Сергиенко А. Б. Тестовые функции для глобальной оптимизации / А.Б. Сергиенко. – Красноярск: Изд-во СГАУ им. М.Ф. Решетнева, 2015. – 112 с.
7. Остроух Е.Н. Методика контроля информационной безопасности предприятия с использованием адаптационного тестирования/ Е.Н. Остроух, Ю.О. Чернышев, С.А. Мухтаров, Н.Ю. Богданова// Сборник материалов международной научно-практической конференции “Фундаментальные научные исследования: теоретические и практические аспекты”. – Кемерово. – 2016. – т. II. – С. 305-310.
8. Водлазский И. А., Егоров А. С., Краснов А. В. Роевой интеллект и его наиболее распространённые методы реализации // Молодой ученый. – 2017. – №4. – С. 147-153.
9. Сороколетов П.В., Курейчик В.В. Концептуальная модель представления решений в генетических алгоритмах // Известия ЮФУ. Технические науки. №. 9, с. 7-12, 2008.
10. Полупанов А.А., Полупанова Е.Е. Эвристический эволюционно-генетический алгоритм. – М.: Физматлит, 2010. – С. 83-89.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Gladkov L.A. Geneticheskie algoritmy [Genetic algorithms] / L.A. Gladkov, V.V. Kurejchik, V.M. Kurejchik. – М.: Fizmatlit, 2006. – 320 p. [in Russian]
2. Kushnir N. V. Iskustvennyye immunnnye sistemy: obzor i sovremennoe sostojanie [Artificial immune systems: review and current status] [Electronic resource] / N. V. Kushnir, A. V. Kushnir, E. V. Anackaja, P. A. Katysheva, K. G. Ustinov // Kubanskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet. – URL: <http://ntk.kubstu.ru/file/714> (accessed: 20.05.17). [in Russian]
3. Bljum V. S. Immunnaja sistema i immunokomp'juting [Immune system and immunocomputing] [Electronic resource] / V. S. Bljum, V. P. Zabolotskij // Sankt-Peterburgskij institut informatiki i avtomatizacii RAN. – URL: [www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-16-html/blum/blum.pdf](http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-16-html/blum/blum.pdf) (accessed: 20.05.17). [in Russian]
4. Baryshev A.V., Fedotova E.L. K voprosu ispol'zovanija nadstrojki Excel «poisk reshenija» v zadachah linejnogo programmirovaniya [On the use of the Excel add-in "search for solutions" in linear programming problems] [Electronic resource]// Internet-zhurnal «Naukovedenie». – 2015. – № 3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/54TVN315.pdf> (accessed: 22.07.2017)

5. Panteleev A.V., Melickaja D.V. Primenenie metoda iskusstvennyh immunnyh sistem v zadachah poiska uslovnogo jekstremuma funkciy [Application of the method of artificial immune systems in the search for conditional extremum functions] / A.V. Panteleev, D.V. Melickaja // Nauchnyj vestnik [Scientific herald] MGTU GA. – 2012. – № 184. – P. 54-61.
6. Sergienko A. B. Testovye funkciy dlja global'noj optimizacii [Test functions for global optimization] / A.B. Sergienko. – Krasnojarsk: Izd-vo SGAU im. M.F. Reshetneva, 2015. – 112 p.
7. Ostrouh E.N. Metodika kontrolja informacionnoj bezopasnosti predpriyatija s ispol'zovaniem adaptacionnogo testirovanija/ E.N. Ostrouh, Ju.O. Chernyshev, S.A. Muhtarov, N.Ju. Bogdanova// Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii "Fundamental'nye nauchnye issledovaniya: teoreticheskie i prakticheskie aspekty" [Collection of materials of the international scientific and practical conference "Fundamental scientific research: theoretical and practical aspects"]. – Kemerovo. – 2016. – t. II. – P. 305-310.
8. Vodolazskij I. A., Egorov A. S., Krasnov A. V. Roevoj intellekt i ego naibolee rasprostranjonnye metody realizacii [Roaring intelligence and its most common methods of implementation] // Molodoj uchenyj [Young Scientist]. – 2017. – №4. – P. 147-153.
9. Sorokoletov P.V., Kurejchik V.V. Konceptual'naja model' predstavlenija reshenij v geneticheskikh algoritmah [Conceptual model of representation of solutions in genetic algorithms] // Izvestija JUFU. Tehnicheskie nauki. № 9 [News of SFEDU. Technical science. № 9], p. 7-12, 2008.
10. Polupanov A.A., Polupanova E.E. Jevristicheskij jevoljucionno-geneticheskij algoritm [Heuristic evolutionary-genetic algorithm]. – M.: Fizmatlit, 2010. – P. 83-89.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.097>

Удилов Т.В.<sup>1</sup>, Винокуров В.Н.<sup>2</sup>, Александрой В.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-9824-3032, Кандидат технических наук,

Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Восточно-Сибирский институт Министерства внутренних дел Российской Федерации», г. Иркутск

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», г. Тюмень

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», г. Тюмень

#### ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И ГАЗА ОТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

#### Аннотация

*Рассмотрены виды лесных пожаров, способы прокладки магистральных трубопроводов. Отмечается, что вероятность воздействия лесного пожара на магистральные газопроводы, нефтепроводы и нефтепродуктопроводы возникает в случае распространения низового или почвенного пожара. При этом низовой лесной пожар способен оказать высокотемпературное воздействие на трубопроводы, проложенные надземным способом, в то время как подземный лесной пожар способен оказать негативное воздействие на трубопровод проложенный подземным способом, а также опоры и другие конструктивные элементы линейной части трубопроводов. Предложено поэтапное осуществление мероприятий по защите объектов транспортировки нефти и газа от лесных пожаров. Рассмотрены этапы реализации комплекса мероприятий по защите объектов транспортировки нефти и газа от лесных пожаров.*

**Ключевые слова:** лесной пожар; противопожарная защита; нефтепровод; газопровод; технологии тушения лесного пожара.

Udilov T.V.<sup>1</sup>, Vinokurov V.N.<sup>2</sup>, Aleksandroy V.I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0001-9824-3032,

<sup>1</sup>PhD in Engineering,

Federal State Higher Educational Institution of Higher Education "East-Siberian Institute of the Russian Interior Ministry", Irkutsk

<sup>2</sup>State Federal-Funded Educational Institution of Higher Professional Training "State Agrarian University of Northern Zauralye", Tyumen

<sup>3</sup>Federal State Higher Educational Institution of Higher Education "State Agrarian University of Northern Zauralye", Tyumen

#### ORGANIZATION OF PROTECTION OF OBJECTS OF OIL AND GAS TRANSPORTATION FROM FOREST FIRES

#### Abstract

*The types of forest fires, and the methods of main pipelines laying are considered in this paper. It is noted that the possibility of the forest fire impact on the main gas pipelines, oil pipelines and oil product pipelines occurs in case of ground or soil fire spreading. At the same time, a grassland forest fire can have a high-temperature impact on pipelines laid over the surface, while an underground forest fire can have a negative effect on a pipeline laid underground, as well as supports and other structural elements of the linear part of the pipeline. A step-by-step implementation of measures to protect oil and gas transportation facilities from forest fires is proposed in the article. The stages of the implementation of the action plan to protect the objects of transportation of oil and gas from forest fires are considered.*

**Keywords:** forest fire; fire protection; pipeline; gas pipeline; technology of forest fire extinguishing.

По всей территории России тянутся многокилометровые линии трубопроводов, обеспечение безопасной эксплуатации которых, является одной из главных задач технического персонала и специалистов объектов транспортировки нефти и газа. Однако нередко возникают разного рода аварийные ситуации, связанные с повреждением и нарушением нормальной эксплуатации данного вида объектов. К тому же, неизбежное расположение трубопроводов в лесных массивах добавляет к технологическим причинам аварий причины природного характера. Такие, как, например, лесные пожары.

Под термином «лесной пожар» принято понимать неконтролируемое стихийное распространение огня в лесном массиве [1]. Различают верховые, низовые и почвенные лесные пожары.

Рассматривая вероятность негативного воздействия лесного пожара на какой-либо объект транспортировки нефти и газа, необходимо учитывать вид объекта, а также способ прокладки нефте- или газопровода.

Различают четыре способа прокладки магистральных трубопроводов:

1. надземная прокладка;
2. подземная прокладка;
3. полуподземная прокладка;
4. наземная прокладка.

Рассмотрим их принципиальное отличие друг от друга.

В соответствии с нормативными требованиями [2] магистральные газопроводы, нефтепроводы и нефтепродуктопроводы следует предусматривать подземную прокладку. В этом случае трубопровод заглубляется на величину не менее 0,8-1,1 м.

Наземная прокладка трубопроводов, как правило, производится на специальных опорах и применяется в случаях необходимости перехода через естественные или искусственные препятствия, в горных или пустынных районах, местностях с вечномёрзлыми грунтами или болотистых местностях.

Полуподземный способ прокладки рекомендуется в случаях отсутствия возможности заглубления трубопровода на нормативную величину. Трубопровод укладывается в грунт на глубину менее своего диаметра с последующей обваловкой грунтом его выступающей части.

Наземная прокладка предусматривает укладку трубопровода на поверхности земли, на грунтовых подушках или сплошной подсыпке с последующей обваловкой грунтом.

Таким образом, вероятность воздействия лесного пожара на магистральные газопроводы, нефтепроводы и нефтепродуктопроводы возникает в случае распространения низового или почвенного пожара. При этом низовой лесной пожар способен оказать высокотемпературное воздействие на трубопроводы, проложенные надземным способом, в то время как подземный лесной пожар способен оказать негативное воздействие на трубопровод проложенный подземным способом, а также опоры и другие конструктивные элементы линейной части трубопроводов.

Низовые пожары характеризуются горением опада, подстилки, мохового и травяного покровов. Огонь распространяется, как правило, со средней скоростью 2–5 м·мин<sup>-1</sup>. Наблюдается сильное локальное высокотемпературное воздействие. При устойчивых низовых пожарах возможно выгорание лесной подстилки до глубины минерального слоя [3].

К почвенным пожарам относят торфяные. При торфяном пожаре горение распространяется с заглублением, которое ограничивается лишь подстилающим минеральным грунтом или уровнем грунтовых вод. При выходе торфяного пожара на поверхность возникают лесные низовые пожары, которые, заглубляясь, способны опять перейти в почвенные.

Безусловно, лесные пожары представляют опасность для объектов транспортировки нефти и газа, а также для технологического оборудования, находящегося на его территории. Под воздействием высокой температуры пожара возможно повреждение трубопроводов, сопровождаемое выходом и воспламенением топлива. При этом, необходимо помнить, что аварийная ситуация на объектах транспортировки нефти и газа способна стать причиной техногенной и экологической катастрофы.

На наш взгляд, проблема предупреждения распространения лесного пожара на территорию объектов транспортировки нефти и газа и тушение пожаров вблизи этих объектов является актуальной межведомственной задачей.

Организация защиты объектов транспортировки нефти и газа от лесных пожаров подразумевает последовательное осуществление двух этапов:

1. проведение профилактических противопожарных мероприятий на территории данного рода объектов;
2. тушение лесных пожаров вблизи этих объектов.

На первом этапе необходимо организовать проведение профилактических противопожарных мероприятий на территории объектов транспортировки нефти и газа. К таким мероприятиям можно отнести регулярную очистку территории объектов от растительности, создание защитной полосы между лесным массивом и объектом, исключающей распространение пожара, и прочие виды работ, способных снизить вероятность распространения огня на территорию объекта.

Следует заметить, что очистку территории объектов от растительности категорически запрещается проводить путем целевых палов, ввиду большой опасности пожара и взрыва.

К профилактическим мероприятиям относится также создание минерализованных полос. Прокладка полос осуществляется различными способами, однако, учитывая пожарную опасность технологических установок объектов транспортировки нефти и газа, минерализованные полосы целесообразно прокладывать механизированным способом. Для механизированного способа прокладки используются различные моторизированные малогабаритные механизмы, к числу которых относятся ручной моторизированный грунтомет, противопожарный лесной покровосдиратель, малогабаритный лесопожарный полосопрокладыватель и др. [4].

Второй этап защиты объектов транспортировки нефти и газа от лесных пожаров заключается в организации тушения лесных пожаров вблизи объектов данного вида.

Для тушения лесных пожаров, как правило, привлекается большое количество пожарной техники соответствующих министерств и ведомств, либо применяется собственный парк пожарной техники, заранее созданный на объекте. Вместе с тем, необходимо отметить, что тяжелая гусеничная техника не всегда способна обеспечить успешное выполнение поставленной задачи. Время прибытия гусеничных агрегатов к очагу пожара на расстояние в десятки километров сдерживается их низкими транспортными скоростями, особенно при движении вне дорог. Это приводит к распространению лесных пожаров на территорию объекта с наступлением последствий, для ликвидации которых потребуется мобилизация еще большего количества сил и средств.

Для решения этой проблемы, на наш взгляд, необходима разработка новых способов тушения лесных пожаров на основе применения высокопроизводительных, энергосберегающих, экономически выгодных технологий. Целесообразно рассмотреть возможность применения многофункциональных, недорогих, эффективных средств механизации, обеспечивающих тушение пожаров в начальной стадии их развития. Создание на объекте эффективных высокоомобильных механизированных отрядов снизит риск возможного перехода лесных пожаров на территорию объектов транспортировки нефти и газа.

Так, например, известны случаи исследования и применения быстроотвердевающей негорючей минеральной пены и устройств ее подачи с целью создания огнезащитных опорных полос [5]. Для прокладки минерализованных противопожарных полос и тушения кромки низового пожара грунтом может применяться ручной моторизованный грунтомет ГРМ-0,25/5 [6].

На наш взгляд, также целесообразно вооружение высокоомобильных механизированных отрядов ранцевыми установками пожаротушения. Такими как, например, ранцевый моторизованный огнетушитель ОРМ-4/25 или моторизованный ранцевый огнетушитель «ГИРС-120РБ». Они предназначены для тушения природных пожаров высокодисперсной струей огнетушащего состава под давлением, а также для прокладки опорных полос из пены. В безводных районах актуально применение пневмоимпульсных технологий пожаротушения, исключающих необходимость использования воды в качестве огнетушащего средства. Примером эффективного использования подобной техники могут быть исследования создания струи мелкодисперсного твердого огнетушащего вещества при помощи пневматических линеметов и других носимых пневмоимпульсных устройств [7-9].

Таким образом, при своевременной последовательной реализации предложенных этапов проведения мероприятий по защите объектов транспортировки нефти и газа от чрезвычайных ситуаций связанных с лесными пожарами можно значительно снизить риск повреждения или разрушения технологического оборудования объектов, а значит, и уменьшить вероятность возникновения экологической катастрофы.

#### Список литературы / References

1. ОСТ 56-103-98 Охрана лесов от пожаров. Противопожарные разрывы и минерализованные полосы. Критерии качества и оценка состояния.
2. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85\*.
3. Орловский, С.Н. Лесные и торфяные пожары, практика их тушения в условиях Сибири: Учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. - Красноярск, 2003.- 163 с.
4. Курбатский, Н.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров / Н. П. Курбатский – М.: ГОСЛЕСБУМАГИЗДАТ, 1962. – 154 с.
5. Абдурагимов, И.М. Быстротвердеющие пены – новая эра в борьбе с лесными пожарами / И.М. Абдурагимов, Г.Н. Куприн, Д.С. Куприн // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2016. – №2. – С. 7–13.
6. Комбинированный лесопожарный грунтомет и рекомендации по его применению / И.М. Бартенев, М.В. Драпалюк, П.Э. Гончаров, М.А. Гнусов, А.А. Тамби, В.Е. Клубничкин // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ. – 2012. – №84. – С. 174–184.
7. Удилов, Т.В. Оценка возможности применения пневматических линеметов для подачи огнетушащих порошков / Т.В. Удилов // Исторические и современные аспекты решения проблем горения, тушения и обеспечения безопасности людей при пожарах: Материалы XX Международной научно-практической конференции. Секция 2. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. – С. 176-178.
8. Удилов, Т.В. Поиск высокоэффективного способа тушения низового лесного пожара / Т.В. Удилов, В.И. Самойлов, Д.М. Рожков // Деятельность правоохранительных органов и федеральной противопожарной службы в современных условиях: проблемы и перспективы развития: Материалы Международной научно-практической конференции – Иркутск: ФГОУ ВПО ВСИ МВД России, 2008 – С. 274 -277.
9. Удилов, Т.В. Модель малогабаритной установки для тушения низовых лесных пожаров / Т.В. Удилов // Сопряженные задачи механики реагирующих сред, информатики и экологии: Материалы 8-й Всероссийской конференции с участием зарубежных ученых. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. - С. 112-113.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. OST 56-103-98 Oхранa лесов от požarov. Protivopozharnye razryvy i mineralizovannyye polosy. Kriterii kachestva i ocenka sostoyaniya. [Forest conservation from the fires. Fire-prevention gaps and the mineralized strips. Criteria of quality and assessment of a state] [in Russian]
2. SP 36.13330.2012 Magistral'nye truboprovody. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.05.06-85\*. [Trunk pipelines. The updated version of SNiP 2.05.06-85 \*] [in Russian]
3. Orlovskij S.N. Lesnye i torfyanye požary, praktika ih tusheniya v usloviyah Sibiri: Ucheb. posobie [The forest and peat fires, practice of their suppression in the conditions of Siberia] / S.N. Orlovskij // Krasnoyar. gos. agrar. un-t. - Krasnoyarsk, 2003.- 163 P. [in Russian]

4. Kurbatskij N. P. Tekhnika i taktika tusheniya lesnyh pozharov [Equipment and tactics of suppression of wildfires] / N. P. Kurbatskij – M.: GOSLESBUMAGIZDAT, 1962. – 154 P. [in Russian]
5. Abduragimov, I.M. Bystrotverdejushhie peny – novaja jera v bor'be s lesnymi pozharemi [Fast-hardening foam - a new era in the fight against forest fires] / I.M. Abduragimov, G.N. Kuprin, D.S. Kuprin // Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashhenie, likvidacija. – 2016. – №2. – P. 7–13. [in Russian]
6. Kombinirovannyj lesopozharnyj gruntomet i rekomendacii po ego primeneniju [Combined fire-fighting primer and recommendations for its use] / I.M. Bartenev, M.V. Drapaljuk, P.Je. Goncharov, M.A. Gnusov, A.A. Tambi, V.E. Klubnichkin // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2012. – №84. – P. 174–184. [in Russian]
7. Udilov, T.V. Ocenka vozmozhnosti primeneniya pnevmaticheskikh linemetov dlja podachi ognnetushashhih poroshkov [Evaluation of the possibility of using pneumatic liners for the supply of extinguishing powders] / T.V. Udilov // Istoricheskie i sovremennye aspekty reshenija problem gorenija, tusheniya i obespechenija bezopasnosti ljudej pri pozharah: Materialy XX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Sekcija 2. – M.: FGU VNIPO MChS Rossii, 2007. – P. 176-178. [in Russian]
8. Udilov, T.V. Poisk vysokoeffektivnogo sposoba tusheniya nizovogo lesnogo pozhara [Search for a highly effective way to extinguish a grassland forest fire] / T.V. Udilov, V.I. Samojlov, D.M. Rozhkov // Dejatel'nost' pravoohranitel'nyh organov i federal'noj protivopozharnoj sluzhby v sovremennyh uslovijah: problemy i perspektivy razvitiya: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii – Irkutsk: FGOU VPO VSI MVD Rossii, 2008 – P. 274 -277. [in Russian]
9. Udilov, T.V. Model' malogabaritnoj ustanovki dlja tusheniya nizovyh lesnyh pozharov [Model of a small-size plant for extinguishing grass-roots forest fires] / T.V. Udilov // Soprazhennye zadachi mehaniki reagirujushhih sred, informatiki i jekologii: Materialy 8-j Vserossijskoj konferencii s uchastiem zarubezhnyh uchenyh. – Tomsk: Izd-vo Tom. un-ta, 2009. - P. 112-113. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.028>

**Федотов В.А.**

ORCID: 0000-0002-3692-9722, Кандидат технических наук,

Оренбургский государственный университет

#### **К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПШЕНИЦЫ ПО СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ЗЕРНА**

*Аннотация*

*В статье рассматриваются вопросы классификации зерна пшеницы по структурно-механическим свойствам. Оценивается характер связей качества продукции с показателем твердозерности зерна, приоритетность целевого назначения зерна пшеницы различной твердозерности для хлебопекарной и кондитерской промышленности. Проведена сравнительная оценка различных методов определения твердозерности зерна – по микротвердости, индексу шелушения, сопротивлению к истиранию, индексу размера частиц, удельной поверхности частиц размола.*

**Ключевые слова:** зерно, пшеница, структурно-механические свойства, экспресс-анализ, качество зерна.

**Fedotov V.A.**

ORCID: 0000-0002-3692-9722,

PhD in Engineering,

Orenburg State University

#### **REVISITING THE EVALUATION OF WHEAT QUALITY BY THE STRUCTURAL-MECHANICAL PROPERTIES OF GRAIN**

*Abstract*

*The article considers the issues of wheat grain classification by the structural and mechanical properties. The author estimates the nature of the relationship between the quality of products and the indicator of the grain hardness, as well as the priority of the intended use of wheat grain of various hardness for baking and confectionery industries. A comparative evaluation of different methods for the determination of grain hardness is carried out: microhardness, peeling index, resistance to abrasion, particle size index, a surface area of grinding particles.*

**Key words:** grain, wheat, structural and mechanical properties, express-analysis, grain quality.

При заготовках, размещении и переработке пшеницы особое внимание уделяют консистенции зерна. Термин «консистенция» используют для описания реологических свойств вязкопластичного или вязкоэластичного тела. На практике консистенцию веществ часто оценивается качественно, сравнением с общеизвестными материалами. Зерно бывает прозрачным (стекловидным) и непрозрачным (мучнистым) [1, С. 22].

Стекловидность нередко связывают с технологическим качеством, так называемой силой пшеницы [2, С. 26]. Однако многочисленными научными исследованиями и практикой работы зерноперерабатывающей промышленности доказано, что даже при одинаковой стекловидности зерна разные сорта пшениц могут характеризоваться различиями в технологических качествах зернопродуктов (количеству крупок и дунстов, вымалываемости, выходу муки, расходу электроэнергии при помоле зерна, объемному выходу и формоустойчивости хлеба и др.) [3].

В ряде стран (Канада, Австралия, США) существует деление пшениц на твердозерные (hard) и мягкозерные (soft). К твердозерным относят сорта, при помоле которых получают высокий выход крупок, рассыпчатую, крупитчатую муку, к мягкозерным - сравнительно малое количество крупок, крахмалистую муку с частицами меньшего размера [4, С. 28].

Используемая в канадском стандарте классификация пшеницы по показателю твердозерности не нашла широкого распространения в России, по всей видимости, потому, что используемые для оценки твердозерности зерна методы имеют высокую погрешность и значительную трудоемкость [5, С. 34].

Особенности этих двух групп сортов пшеницы обусловлены различиями структурно-механических свойств, характеризующихся в разных странах одним показателем или совокупностью нескольких: расходом энергии на разрушение зерна, результатами его обработки в голлендере (по индексу шелушения, сопротивлению истиранию), микротвердостью зерновок, дисперсностью продуктов измельчения (индексом размера частиц, удельной поверхностью) и др.

На структурно-механические свойства зерна оказывают существенное влияние сортовые различия, почвенно-климатические условия возделывания, а также технологические приемы обработки и хранения зерна [6].

Знания о структурно-механических свойствах зерна позволяет повысить эффективность использования зерновых ресурсов. Мука мягкозерных пшениц является уникальным сырьем для изготовления мучнистых кондитерских изделий. Она характеризуется тонкокрупчатой структурой, низкой водопоглощающей способностью и невысоким содержанием протеина. Во всем цивилизованном мире кондитерские продукты из муки, такие как печенье, крекеры, пироженные, кексы, торты, вафли, изготавливают преимущественно из мягкозерных сортов пшеницы. Поскольку аграрная политика стран бывшего СССР была ориентирована на производство зерна сильных и ценных пшениц, селекцией сортов мягкозерных, или бисквитных, пшеницы не занимались вообще, и сегодня на территории СНГ не выращивают ни одного сорта мягкозерных пшеницы, а технологи-кондитеры часто даже и подозревают, что есть такая категория пшеницы.

Как известно, кондитерские изделия из муки отличается от хлеба прежде всего высоким содержанием сахара, что составляет почти треть общего веса теста. Отсюда и особые требования к кондитерской муке: она должна быть как можно менее гидрофильной, т.е. поглощать как можно меньше воды, которую добавляют в тесто. Так как мука мягких пшениц поглощает небольшое количество воды, большая ее часть идет на растворение сахара, а это в свою очередь улучшает диффузии сиропа в тесте. Также, с большим количеством сиропа, тесто способно оставаться жидким при высоких температурах выпечки, обеспечивающий нужное расширение его под действием разрыхлителей, следовательно, и значительно повышает качество конечного продукта.

Другим важным показателем, существенно влияющим на качество кондитерского изделия, является содержание в муке белка. Именно белковой частью муки характеризуется высокой гидрофильностью. Содержание белка в мягкозерных сортах существенно ниже по сравнению с твердозерными.

Используемые на сегодняшний день методики определения твердозерности имеют низкую точность измерения, что ограничивает их использование.

В одной из групп методов для оценки твердозерности используются различные физические параметры процесса размола зерна. В ранних наиболее рациональных методах оценки прочностных свойств зерновой массы показатель твердозерности определялся на основе крутящего момента при разрушении зерна (по показаниям электродинамометра). На основании испытаний различных сортов пшеницы составлена шкала технологической «твердости» зерна. Однако, ввиду большого влияния влажности зерна на предел прочности, данный метод характеризуется невысокой точностью и большой трудоемкостью.

В другой группе методов для оценки твердозерности используются различными вариациями приборов - твердомеров и микротвердомеров [7, С. 38]. В данном случае оценивают твердозерность каждого отдельного зерна, после чего либо определяют среднее значение твердозерности, либо распределение зерна по этому показателю. Отрицательной стороной данного способа является необходимость измерений разных участков одного зерна, а для получения статистически достоверной картины об твердозерности партии зерна число измерений возрастает до нескольких сотен, делая невозможным применение метода в промышленных условиях.

Наибольшее применение в промышленности получала группа методов, в которых происходит оценка твердозерности на основе анализа физико-химических показателей размола зерна, например, показателя дисперсности. Дисперсность определяют с помощью поверхностемера по т. н. удельной поверхности размола зерна. При этом предполагается, что все частицы шрота или муки обладают шарообразной формой. Это допущение способа существенно снижает его точность.

Существенные различия между твердозерными и мягкозерными сортами пшеницы обнаруживаются в методе определения т.н. «индекса шелушения», обычно выражаемого удельным весом вещества, получившегося после шелушения образца пшеницы определенного веса в лабораторном шелушителе [8, С. 17]. Недостатками такого способа являются невысокая точность, поскольку количество оболочек зерна, получившихся после шелушения, также зависит от природно-климатических факторов, лишь косвенно характеризуя показатель твердозерности.

Наиболее популярными и широко используемыми являются методы, основанные на анализе гранулометрического состава муки. При помоле твердозерных сортов пшениц образуются более крупные и выровненные по размерам частицы, чем при помоле мягкозерных. Рассчитывают условный средний диаметр частиц муки, или же находят содержание частиц определенной фракции крупности - индекс размера частиц - проход сита № 0071 лабораторного помола (выход муки 70 %) [9, С. 23]. Однако данный метод оценивает размер частиц только одним параметром - проходом через сито с фиксированным размером отверстий, отсюда низкая точность определения [10, С. 37].

Потребительские качества пшеницы в значительной степени определяются структурно-механическими свойствами зерна и могут быть объективно оценены на основе методов определения твердозерности зерна.

#### Список литературы / References

1. Федотов В. А. Факторы формирования потребительских свойств зерномучных товаров / В. А. Федотов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 4. – С. 186-190.

2. Медведев П. В. Комплексная оценка потребительских свойств зерна и продуктов его переработки / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Международный научно-исследовательский журнал. - 2015. - № 7-1 (38). - С. 77-80.
3. ГОСТ 27669-88 Мука пшеничная хлебопекарная. Метод пробной лабораторной выпечки хлеба (с Изменениями N 1, 2) – Введ. 1989-07-01. – М. : Стандартиформ, 2007.
4. Медведев П. В. Управление качеством продуктов переработки зерна и зерномучных товаров / П. В. Медведев, В. А. Федотов, И. А. Бочкарева // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. - 2016. - № 1. - С. 61 – 69.
5. Калачев М. В. Малые предприятия для производства хлебобулочных и макаронных изделий / М. В. Калачев. - М. : ДеЛи принт, 2008. - 288 с.
6. Официальный Интернет-сайт Росстата. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.gks.ru>. (дата обращения: 05.03.2017).
7. Хангильдин В. В. Гомеостатичность и адаптивность сортов озимой пшеницы / В. В. Хангильдин, Н. А. Литвиненко // Науч.-техн. бюл. – 1981. – № 1. – С.8-14.
8. Харченко М.А. Корреляционный анализ: Учебное пособие для вузов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. – 31 с.
9. Беркутова Н. С. Микроструктура пшеницы / Н. С. Беркутова, И. А. Швецова. - М. : Колос, 1977. - 122 с.
10. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А. А. Гончаренко // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49-53.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Fedotov V. A. Faktory formirovaniya potrebitel'skih svojstv zernomuchnyh tovarov [Factors of formation for consumer properties of goods seromycin] / V. A. Fedotov // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta [Journal of Orenburg state university]. – 2011. – № 4. – P. 186-190. [in Russian]
2. Medvedev P.V. Kompleksnaia ocenka potrebitel'skikh svojstv zerna i produktov ego pererabotki [Comprehensive assessment for consumer properties of grain and processing products] / P. V. Medvedev, V. A. Fedotov, I. A. Bochkareva // Mezhdunarodny`i nauchno-issledovatel'skii zhurnal [International science-research journal]. - 2015. - № 7-1 (38). - P. 77-80. [in Russian]
3. GOST 27669-88 Muka pshenichnaya hlebopekarnaya. Metod probnoj laboratornoj vypechki hleba (s Izmeneniyami ) [Wheat Flour. Method of test laboratory baking bread (with Amendments No. 1, 2). [in Russian]
4. Medvedev P. V. Upravlenie kachestvom produktov pererabotki zerna i zernomuchny`kh tovarov [Management of quality of grain processing products and seromycin products] / P. V. Medvedev, V. A. Fedotov, I. A. Bochkareva // Nauchny`i zhurnal NIU ITMO. Seriya: ProtCESSy` i apparaty` pishchevy`kh proizvodstv [The scientific journal ITMO. Series Processes and equipment for food production]. - 2016. - № 1. - P. 61 – 69. [in Russian]
5. Kalachev M. V. Maly`e predpriiatiia dlia proizvodstva khlebobulochny`kh i makaronny`kh izdelii` [Small enterprises for the production of bread and pasta] / M. V. Kalachev. - M. : DeLee print, 2008. - 288 p. [in Russian]
6. Oficial'nyj Internet-sajt Rosstata [Official website of Rosstat]. [Electronic resource]. – URL <http://www.gks.ru>. (accessed: 05.03.2017) [in Russian]
7. Khangildin V. V. Homeostasis and adaptability of winter wheat cultivars / V. V. Khangildin, N. A. Litvinenko // Scintif.-Techn. Bull. VSGI. – 1981. – № 1. – PP. 8-14. [in Russian]
8. Harchenko M.A. Korreljacionnyj analiz [Correlation analysis]: Uchebnoe posobie dlja vuzov [A manual for universities]. – Voronezh: Izd VGU, 2008. – 31 p. [in Russian]
9. Berkutova N. S. Mikrostruktura pshenitcy` [Wheat`s microstructure] / N. S. Berkutova, I. A. Shvetcova. - M. : Kolos, 1977. - 122 p. [in Russian]
10. Goncharenko A. A. About adaptive ability and ecological stability of grain crop varieties/ A. A. Goncharenko // Gazette of RAAS. – 2005. – № 6. – PP. 49-53. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.089>

Федянин В.В.

ORCID: 0000-0003-3126-9865, аспирант,

Омский государственный технический университет

**ВЛИЯНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ****Аннотация**

*В настоящей работе рассмотрен вопрос влияния преобразователя частоты на эффективность работы асинхронного двигателя. Проведены натурные эксперименты и в пакете MATLAB приложении Simulink разработана имитационная модель, которая позволяет оценивать потребленную и полезную мощность,  $\cos\phi$ , т. е. энергетическую эффективность асинхронного электропривода с синусоидальным напряжением и напряжением, сформированным с помощью широтно-импульсной модуляции. По результатам исследования установлено, что эффективность асинхронного двигателя подключенного к преобразователю частоты снижается на 3-7% в отличие от питания чистым синусоидальным напряжением.*

**Ключевые слова:** частотно-регулируемый электропривод, преобразователь частоты, эффективность асинхронного двигателя, хаотическая широтно-импульсная модуляция.

Fedyanin V.V.

ORCID: 0000-0003-3126-9865, Postgraduate Student,

Omsk State Technical University

**IMPACT OF THE FREQUENCY CONVERTER ON THE EFFICIENCY FACTOR OF THE INDUCTION MOTOR****Abstract**

*In this paper, we consider the question of frequency converter impact on the efficiency of an induction motor. We conducted full-scale experiments in the MATLAB and Simulink. We developed a simulation model that allows estimating consumed and useful power,  $\cos\phi$ , i.e., energy efficiency of an induction electric drive with sinusoidal voltage and voltage generated by pulse width modulation. According to the results of the study, it is established that the efficiency of an induction motor connected to the frequency converter is reduced by 3-7%, in contrast to the supply by pure sinusoidal voltage.*

**Keywords:** frequency-controlled electric drive, frequency converter, induction motor efficiency, chaotic pulse width modulation.

**Введение**

Асинхронный двигатель (АД) имеет широкое применение в качестве электрических машин. Около половины электроэнергии, производимой в развитой стране, в конечном итоге потребляется электрическими двигателями, из которых более 90% являются АД. В течение относительно длительного периода времени АД в основном применялись для общего назначения в системах с постоянной скоростью вращения ротора. Тем не менее, быстрое развитие мощных электронных устройств и преобразовательных технологий за последние несколько десятилетий позволило обеспечить эффективное регулирование скорости путем изменения частоты, что привело к появлению частотно-регулируемых асинхронных двигателей. Применение преобразователей частоты (ПЧ) в паре с АД обладает преимуществами по сравнению с другими решениями по регулированию скорости [1]. К основным преимуществам частотно-регулируемого электропривода относятся:

- плавное регулирование скорости вращения ротора электродвигателя,
- плавный пуск электродвигателя,
- высокая жесткость механических характеристик одновременно с экономичностью привода.

ПЧ состоит из выпрямителя, фильтрующего звена, инвертора и системы управления (СУ). Цепь выпрямителя преобразует переменное напряжение в постоянное пульсирующее с помощью диодного мостового выпрямителя. Фильтрующее звено сглаживает пульсации выпрямленного напряжения. На вход инвертора с выхода фильтрующего звена поступает постоянное напряжение, которое инвертор преобразует в трехфазное переменное. Наиболее часто схема силовой части инвертора выполнена как трехфазная мостовая схема, которая состоит из шести IGBT транзисторов, обладающих двухсторонней проводимостью. Регулирование выходной частоты осуществляется воздействием сигналами управления СУ на инвертор. В СУ инвертора задающий сигнал преобразуется в серию импульсов, подаваемых на IGBT транзисторы инвертора, тем самым обеспечивая возможность регулировки амплитуды выходного напряжения и частоты. Выходное переменное напряжение определяется значением выпрямительного напряжения.

В большинстве случаев используют статические преобразователи частоты с использованием широтно-импульсной модуляции (ШИМ) [2, 3]. Эффективность современных ПЧ составляет около 95 %. Использование ШИМ вносит дополнительные гармонические компоненты, наличие которых отрицательно сказывается на производительности и эффективности электродвигателя. Таким образом, ПЧ влияет на характеристики АД и создает помехи в питающей сети. Вследствие этого коэффициент полезного действия (КПД) АД подключенного к ПЧ снижается [4 – 6]. Наличие гармоник главным образом увеличивает электрические потери в меди. Увеличение потерь приведет к увеличению температуры двигателя и как следствие уменьшает его КПД.

В связи с вышеизложенным исследование КПД асинхронного двигателя подключенного к ПЧ является актуальной задачей.



### Теоретическая часть

В программе Simulink пакета Matlab была разработана имитационная модель для расчета электрических параметров рис.1. Модель позволяет определить среднеквадратичное значение тока  $I_{RMS}$ , напряжения  $U_{RMS}$ , подводимую мощность  $P_{вх}$ , отдаваемую мощность  $P_{вых}$ , реактивную мощность  $Q$ ,  $\cos\phi$  и КПД асинхронного двигателя [7 – 10]. Чтобы обеспечить работу имитационной модели необходимо с помощью АЦП получить данные фазного напряжения и тока, а также напряжения на нагрузке и передать их в модель в виде числовых массивов. Далее произойдет обработка сигналов по амплитуде.

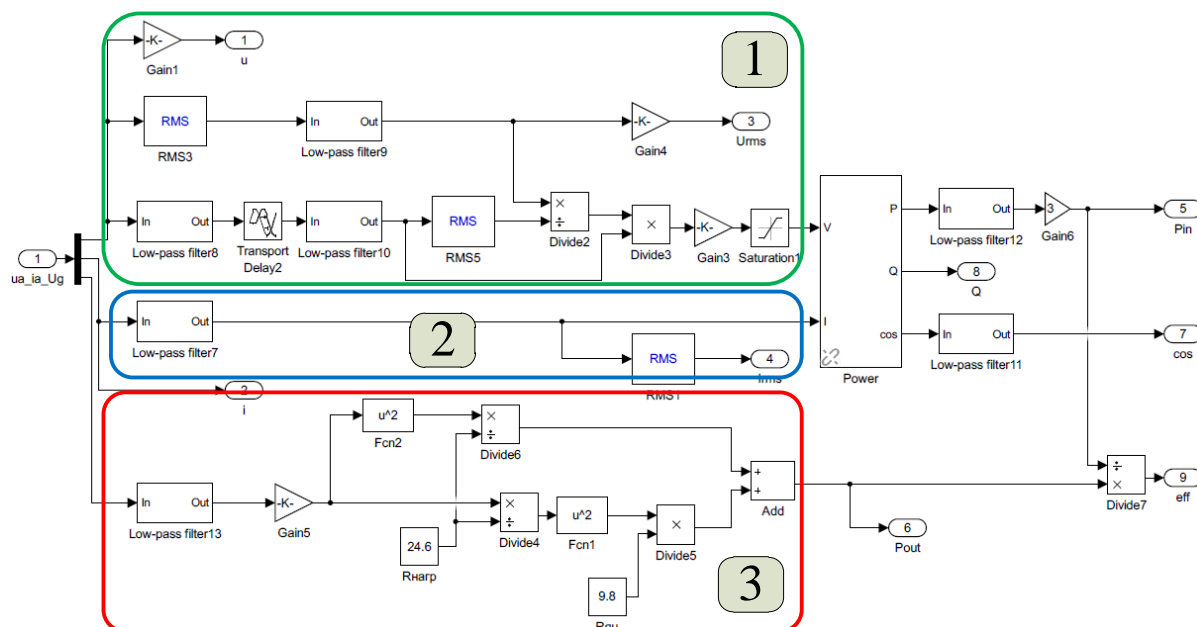


Рис. 1 – Имитационная модель

В блоках 1, 2 представленной модели формируются, и масштабируются с учетом коэффициентов трансформации датчиков, действующее значение напряжения и тока. Блоками RMS вычисляется истинное среднеквадратичное значение входного сигнала

$$RMS(f(t)) = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_{t-T}^t f(t)^2 dt}, \quad (1)$$

где  $f(t)$  – сигнал, поступающий на вход блока,  $T$  – период,  $\frac{1}{T}$  – основная частота.

Истинное среднеквадратичное значение входного сигнала вычисляется по алгоритму скользящего среднего, который находит широкое применение в обработке сигналов и статистике. Далее блоком Power определяется активная, реактивная мощность и  $\cos\phi$ . Измеряемая мощность распределена во всех фазах заведомо равномерно. Потребляемая АД мощность определяется следующим образом

$$P_{вх} = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi. \quad (2)$$

В блоке 3 производится расчет полезной мощности.

### Экспериментальная часть

На экспериментальной установке (рис. 2) определение КПД асинхронного двигателя производилось в соответствии с ГОСТ 25941-83. Использован метод взаимной нагрузки, при котором две машины механически соединяются друг с другом. Машина М1 работает в режиме двигателя (АД) от трехфазного источника, машина М2 – в режиме генератора (генератор постоянного тока (ГПТ)) на реостат. Мощность на валу М1 определяется по выражению

$$P = U \cdot I + I^2 \cdot R_{яц} + \Delta P, \quad (3)$$

где  $I^2 \cdot R_{яц}$  – мощность, идущая на потери в обмотках якорной цепи нагрузочной машины ( $R_{яц} = 9.8$  Ом);  $\Delta P$  – механические потери агрегата М1-М2;  $U, I$  – напряжение и ток на нагрузке  $R_n$ . Так как скорость вращения ротора в ходе экспериментов одинакова, то механическими потерями  $\Delta P$  пренебрегаем.

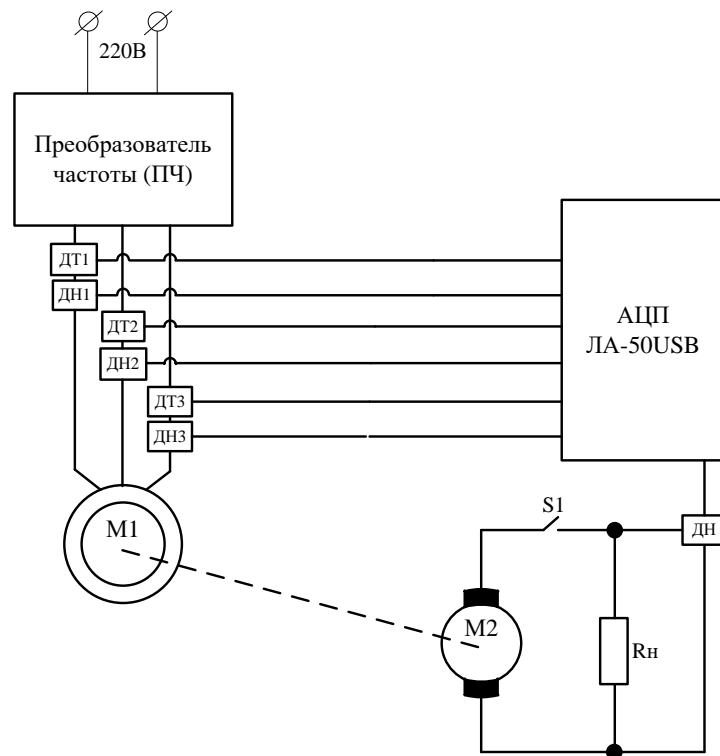


Рис. 2 – Схема установки для проведения эксперимента

Измерения фазных токов и напряжений осуществлялись с помощью датчиков на эффекте Холла. Датчики обеспечивают гальваническую развязку между выходными и входными цепями. С выхода датчиков ДН1-ДН3 снимались сигналы трех фаз мгновенных фазных значений напряжения, с выхода датчиков ДТ1-ДТ3 мгновенные значения тока. Датчик ДН снимал напряжение на нагрузке  $R_n$ .

Для проведения эксперимента выбран АД с короткозамкнутым ротором марки 4AA50B4У3, параметры которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические данные АД

Тип двигателя	Мощность, кВт	При номинальной нагрузке			$m_n$	$m_m$	$m_k$	$i_n$
		Скольжение, %	КПД, %	$\cos\varphi$				
4AA50B4У3	0,09	8,6	55	0,60	2,0	1,7	2,2	2,5

В первой части эксперимента АД подключался к ПЧ, испытания проводились с фиксированной частотой 50Гц, среднеквадратичное фазное напряжение составило 191,2В. Во второй части эксперимента АД подключался к трехфазному регулируемому источнику с выходным синусоидальным напряжением и коэффициентом гармонических искажений менее 5%. Среднеквадратичное фазное напряжение составило 189,5В с частотой 50Гц. На (рис. 3а, б) представлены среднеквадратичные значения фазных токов и напряжений.

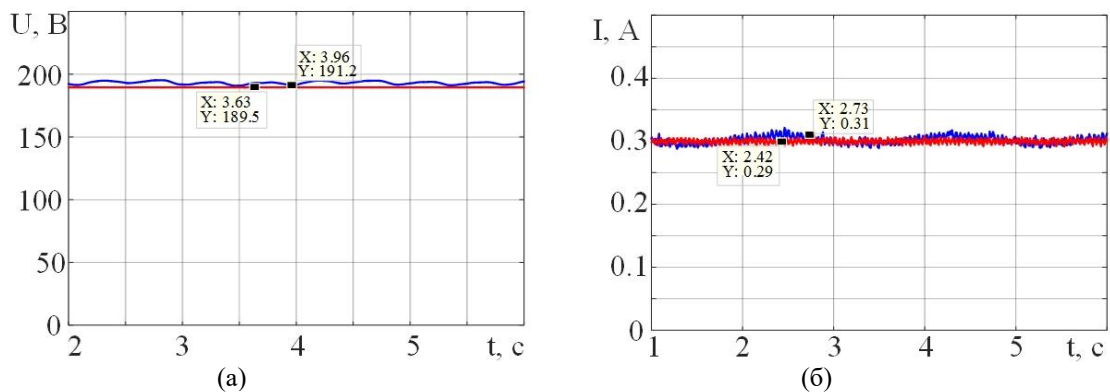


Рис. 3 – Среднеквадратичные значения фазных и напряжений (а), среднеквадратичные значения фазных и токов (б),

При этом мгновенные значения напряжения и тока, поступающие на вход модели, проиллюстрированы на (рис. 4а, б).

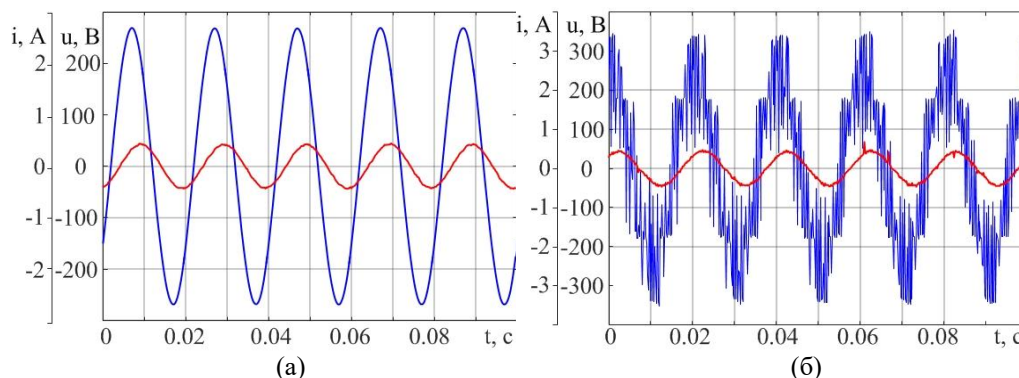


Рис. 4 – Мгновенные значения фазного тока и напряжения при подключении трехфазного синусоидального источника напряжения (а), мгновенные значения фазного тока и напряжения при подключении преобразователя частоты (б)

На (рис. 5а, б) представлены зависимости входной  $P_{вх}$  и выходной  $P_{вых}$  мощности для случая с входным синусоидальным напряжением и с напряжением генерируемым ПЧ.

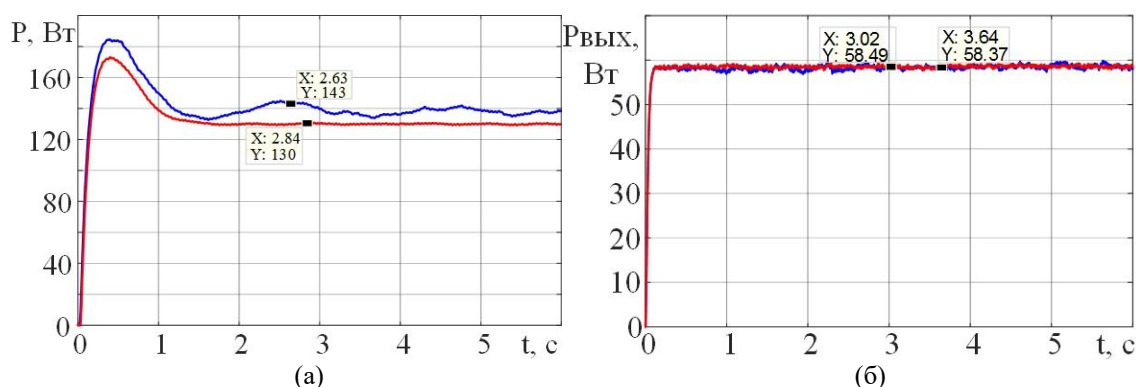


Рис. 5 – Входная мощность  $P_{вх}$  (а), выходная мощность  $P_{вых}$  (б)

Из (рис. 5а) видно, что входная мощность при использовании ПЧ является не постоянной, максимальное значение находится на уровне  $P_{вх} \approx 143 \text{ Вт}$ . Мощность при питании синусоидальным напряжением является постоянной и составляет  $P_{вх} \approx 130 \text{ Вт}$ . При этом полезная мощность в обоих случаях  $P_{вых} \approx 58,5 \text{ Вт}$  (рис. 5б). На (рис. 6а, б) представлены зависимости КПД АД и  $\cos \phi$ . Из рисунка (рис.6а) видно, что минимальное значение КПД при использовании ПЧ  $\eta \approx 40\%$ , в то время как КПД АД работающего от синусоидального напряжения  $\eta \approx 45\%$ .

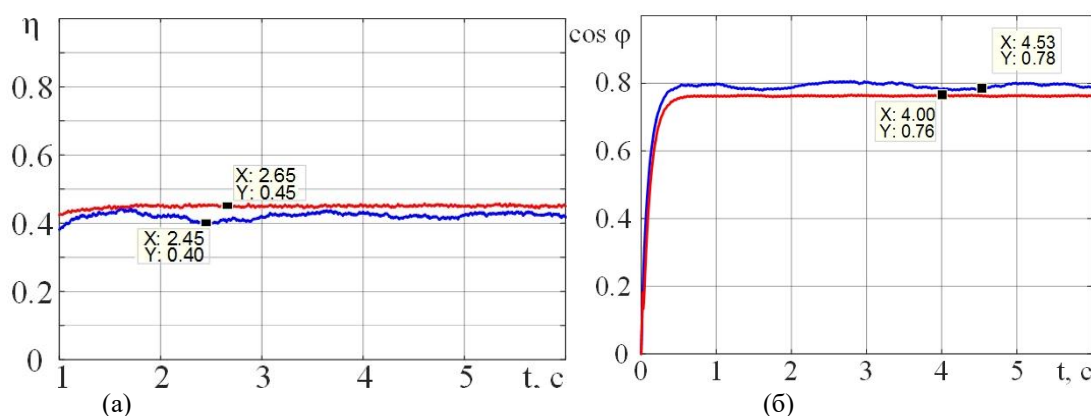


Рис. 6 – Коэффициент полезного действия (а),  $\cos \phi$  (б)

### Заключение

Выводы, сделанные на основании результатов экспериментов и разработанной имитационной модели:

- АД, подключенный к ПЧ, имеет эффективность на 3-7% меньше, чем при питании чистым синусоидальным напряжением. Увеличением потерь связано появлением высших гармоник;
- При работе АД от ПЧ, необходимо оценивать эффективность не только системы в целом, но и электродвигателя;
- Чтобы определить более точно значения потребляемой мощности, необходимо использовать истинное определение действующего значения.

### Список литературы / References

1. Браславский И. Я., Ишматов З. Ш., Поляков В. Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод // М.: Академия. – 2004. – Т. 256. – 202 с.

2. Федоров В. К., Федянин В. В. Алгоритм формирования широтно-импульсной модуляции с несущей частотой в режиме детерминированного хаоса // Омский научный вестник. – 2017. – №. 2 (152). – С. 45 – 49.
3. Обухов С. Г., Чаплыгин Е. Е., Кондратьев Д. Е. Широтно-импульсная модуляция в трехфазных инверторах напряжения // Электричество. – 2008. – №. 7. – С. 23-31.
4. Андриенко В. М. Определение энергетических показателей асинхронных двигателей при питании от статических преобразователей частоты // Электротехника и электромеханика. – 2010. – №. 3. – С. 5 – 7.
5. Михеев К. Е., Томасов В. С. Анализ энергетических показателей многоуровневых полупроводниковых преобразователей систем электропривода // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – №. 1 (77). – С. 46 – 52.
6. Боярская Н. П., Довгун В. П. Влияние гармонического состава токов и напряжений на эффективность энергосбережения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2010. – №. 4. – С. 130 – 133.
7. Квашнин В. О., Ткаченко Б. И. Методика косвенного определения динамического коэффициента мощности асинхронного электродвигателя // Электромашиностроение и электрооборудование. – 2006. – №. 66. – С. 230-231.
8. Захаренко В. С., Дорошенко И. В. Особенности имитационного моделирования асинхронного двигателя для составления модели с учетом коммутации и при несимметричных схемах включения // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2011. – №. 3 (46). – С. 58 – 63.
9. Козлов Д. В., Змиева К. А., Шумихина Е. М. Экспериментальная установка для исследования характеристик двигателя при различных нагрузках и питающих напряжениях ЭП-1 // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2011. – №. 1. – С. 12-18.
10. Петренко А. Н. Экспериментальное исследование нагрева частотно-управляемого асинхронного двигателя при различных источниках питания // Электротехника и электромеханика. – 2010. – №. 5. – С. 21 – 23.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Braslavskij I. Ja., Ishmatov Z. Sh., Poljakov V. N. Jenergosberegajushhij asinhronnyj jelektroprivod [Energy saving asynchronous electric drive] / I. Ja. Braslavskij, Z. Sh. Ishmatov, V. N. Poljakov // M.: Akademiya. – 2004. – V. 256. – 202 p. [in Russian]
2. Fedorov V. K., Fedjanin V. V. Algoritm formirovaniya shirotno-impul'snoj moduljacji s nesushhej chastotoj v rezhime determinirovannogo haosa [Algorithm for the formation of pulse width modulation with a carrier frequency mode deterministic chaos] / Fedorov V. K., Fedjanin V. V. // Омский научный вестник [Omsk Scientific Bulletin]. – 2017. – №. 2 (152). – P. 45 – 49. [in Russian]
3. Obuhov S. G., Chaplygin E. E., Kondrat'ev D. E. Shirotno-impul'snaja moduljacija v trehfaznyh invertorah naprjazhenija [Pulse width modulation in three-phase voltage inverters] / Obuhov S. G., Chaplygin E. E., Kondrat'ev D. E. // Jelektrichestvo [Electricity]. – 2008. – №. 7. – P. 23-31. [in Russian]
4. Andrienko V. M. Opredelenie jenergeticheskikh pokazatelej asinhronnyh dvigatelej pri pitanii ot staticheskikh preobrazovatelej chastoty [The definition of the energy performance of induction motors when powered by static frequency converters] / V. M. Andrienko // Jelektrotehnika i jelectromehaniika [Electrical engineering]. – 2010. – №. 3. – P. 5 – 7. [in Russian]
5. Miheev K. E., Tomasov V. S. Analiz jenergeticheskikh pokazatelej mnogourovnevnykh poluprovodnikovyykh preobrazovatelej sistem jelektroprivoda [Analysis of the energy performance of multilevel semiconductor converters of electric drive systems] / K. E. Miheev, V.S. Tomasov // Nauchno-tehnicheskij vestnik informacionnykh tehnologij, mehaniki i optiki [Scientific and technical journal of information technologies, mechanics and optics]. – 2012. – №. 1 (77). – P. 46 – 52. [in Russian]
6. Bojarskaja N. P., Dovgun V. P. Vlijanie garmonicheskogo sostava tokov i naprjazhenij na jeffektivnost' jenergosberezhennija [Influence of the harmonic composition of currents and voltages on the efficiency of energy saving] / Bojarskaja N. P., Dovgun V. P. // Vestnik Krasnojarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [The Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University]. – 2010. – №. 4. – P. 130 – 133. [in Russian]
7. Kvashnin V. O., Tkachenko B. I. Metodika kosvennogo opredelenija dinamicheskogo koefficienta moshhnosti asinhronnogo jelektrodvigatelja [Technique of indirect determination of the dynamic power factor of an induction motor] // Electrical Engineering and Electrical Equipment] / Kvashnin V. O., Tkachenko B. I. // Jelectromashinostroenie i jelektrooborudovanie [Electrical machinery and electrical equipment]. – 2006. – №. 66. – P. 230-231. [in Russian]
8. Zaharenko V. S., Doroshhenko I. V. Osobennosti imitacionnogo modelirovaniya asinhronnogo dvigatelja dlja sostavlenija modeli s uchetom kommutacii i pri nesimmetrichnykh shemah vkljuchenija [Features of the simulation simulation of an asynchronous motor for compiling a model with commutation taking into account and with asymmetric switching circuits] / Zaharenko V. S., Doroshhenko I. V. // Vestnik Gomeľ'skogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta im. P.O. Suhogo [Bulletin of the Gomel State Technical University]. – 2011. – №. 3 (46). – P. 58 – 63. [in Belorussia]
9. Kozlov D. V., Zmиеva K. A., Shumihina E. M. Jeksperimental'naja ustanovka dlja issledovaniya harakteristik dvigatelja pri razlichnykh nagruzkah i pitajushhij naprjazhenijah JeP-1 [Experimental setup for studying the characteristics of the engine under various loads and supply voltages of EP-1] / Kozlov D. V., Zmиеva K. A., Shumihina E. M. // Jelektrotehnicheskie kompleksy i sistemy upravlenija [Electrotechnical complexes and control systems]. – 2011. – №. 1. – P. 12-18. [in Russian]
10. Petrenko A. N. Jeksperimental'noe issledovanie nagreva chastotno-upravljajemogo asinhronnogo dvigatelja pri razlichnykh istochnikah pitaniija [Experimental study of the heating of a frequency-controlled induction motor with various power supplies] / Petrenko A. N. // Jelektrotehnika i jelectromehaniika [Electrical engineering and electromechanics]. – 2010. – №. 5. – P. 21 – 23. [in Russian]

**МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ / MEDICINE**DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.027>**Бахарева Н.С.**

Доцент, кандидат медицинских наук,

Кубанский государственный медицинский университет

**МОРФОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕНДЕРНЫХ РАЗЛИЧИЙ В ТЕЛОСЛОЖЕНИИ ЧЕЛОВЕКА  
У ЛИЦ ДВАДЦАТИЛЕТНЕГО ВОЗРАСТА****Аннотация**

Изучение морфометрических индексов у лиц двадцатилетнего возраста, их гендерных различий, выделение вариантов сочетания упитанности и типа телосложения. Морфометрическое обследование проведено у 128 мужчин и 177 женщин в возрасте от 18 до 22 лет; изучены индекс массы тела (ИМТ<sub>2</sub>), индекс телосложения (ИТ), индекс упитанности (ИУ). Гендерные различия телосложения в группе нормально упитанных нормостеников носят легко выявляемый и высокодостоверный характер. С помощью ИМТ<sub>2</sub>, ИТ и ИУ все типы телосложения (астеники, нормостеники и гиперстеники) могут быть разделены на нормально, избыточно или недостаточно упитанные варианты с одновременным выявлением 2 промежуточных вариантов (нормально упитанных полуастеников и нормально упитанных полугиперастеников). Практическое применение полученные результаты могут найти в клинике внутренних болезней.

**Ключевые слова:** строение тела, антропометрия, упитанность.

**Bakhareva N.S.**

Associate professor, MD

Kuban State Medical University

**MORPHOMETRIC DETERMINATION OF GENDER DIFFERENCES IN THE BODY TYPE  
OF TWENTY-YEAR-OLD PERSONS****Abstract**

The study of morphometric indices in twenty-year-old people, their gender differences, the identification of options for combining fatness and body type was conducted. Morphometric examination was performed in 128 men and 177 women aged from 18 to 22 years; the body mass index (BMI), body build index (BBI), fatness index (FI) were studied. Gender differences in body type in a group of normally well-fed normosthenic people are easily identifiable and highly reliable. With the help of BMI<sub>2</sub>, BBI and FI, all body types (asthenic, normosthenic and hypersthenic) can be divided into normal, overweight or not enough well-fattened variants with simultaneous detection of 2 intermediate variants (normally well-fed semi-asthenic and normally well-fed semi-hypersthenics). Practical application of the results can be found in the clinic of internal diseases.

**Keywords:** body structure, anthropometry, fatness.

Правильная оценка должной и фактической упитанности каждого конкретного человека является важной социально-экономической задачей современной медицины [1].

Согласно классификации [2] все люди делятся на астеников (АС), нормостеников (НС) и гиперстеников (ГС) в зависимости от соотношения продольно-поперечных размеров скелета, который у АС более «вытянут», а у ГС более «сплюснут» по сравнению с равнообъемными и равноупитанными НС [3], [1].

Более подробный анализ типов телосложения [3], [4] позволил выделить нормально, избыточно и недостаточно упитанных АС, НС и ГС, а также нормально упитанных полуАС и полуГС (всего 11 вариантов).

Теоретической и методической базой для такого деления явились новые соматические показатели: индекс массы тела ИМТ<sub>2</sub> [7], [8], индекс телосложения ИТ и индекс упитанности ИУ, основанные на измерении роста, массы тела и окружности запястья [3]. Относительной новизной работы стало использование триады морфометрических индексов для изучения группы лиц двадцатилетнего возраста, проживающих в условиях Юга России; абсолютной новизной стало определение в исследуемой группе новых показателей: жиронезависимого индекса телосложения, плотности тела, индекса формы тела.

Целью работы является изучение морфометрических индексов у лиц двадцатилетнего возраста (эталонная группа), их гендерных различий, выделение вариантов сочетания упитанности и типа телосложения.

У 177 девушек и 128 юношей выясняли возраст (А, годы), после чего измеряли рост (Н, см), массу тела (М, кг) и окружность запястья ведущей руки (С, см). После статистической выбраковки по всем перечисленным показателям количество изучаемых девушек и юношей сократилось до 162 и 122 человек (всего 284 человека). Основную часть составили славяне и выходцы с Северного Кавказа, соответственно, 71,0% и 22,2% - у девушек, и 60,0% и 30,3% - у юношей. Остальные 6,8% девушек и 9,7% юношей были представлены следующими национальностями: калмыки, корейцы, татары, евреи. В ходе исследования у всех изучаемых определяли индекс массы тела по Кетле  $ИМТ = M/H^2$  (кг/м<sup>2</sup>) [9,10], индекс массы тела  $ИМТ_2 = M/H^3$  (кг/м<sup>3</sup>) [3], индекс телосложения  $ИТ = (ИМТ_2)^{1/2} (кг^{1/2}/м^6)$  [3,4] индекс упитанности  $ИУ = M/HC^2$  (кг/дм<sup>3</sup>) [3,4], площадь тела  $S = 166,1(MH)^{1/2}$  (см<sup>2</sup>) у женщин или  $S = 165(MH)^{1/2}$  (см<sup>2</sup>) у мужчин [7,8], индекс формы тела  $ИФТ = S/M^{2/3}$  (см<sup>2</sup>/кг<sup>2/3</sup>) [5], жиронезависимый индекс телосложения  $ЖИТ = 1000X C/H$  (у.е.) [6], плотность тела  $D = 1/(1.087 - 0.194 H C^2/M)$  для мужчин,  $D = 1/(1.087 - 0.176 H C^2/M)$  у.е. для женщин [5].

Наряду с перечисленными параметрами формы тела, определяли количество выполненных наблюдений (n), их среднее арифметическое значение ( $M_n$ ), стандартную ошибку ( $\pm m$ ), а также показатели достоверности (p) наблюдаемых различий. За возрастную и соматическую норму всех показателей принимали интервал  $1,0 \pm 0,1 M_n$ .

Суммарные итоги исследования представлены в табл. 1. Как показал анализ девушек и юношей, рост, масса тела, окружность запястья, ИФТ, ИМТ<sub>1</sub>, ИМТ<sub>2</sub>, ИТ, ИУ, ЖИТ, D составили, соответственно,  $164,94 \pm 0,48$  и  $178,88 \pm 0,55$  см,  $56,73 \pm 0,66$  и  $74,45 \pm 0,93$  кг,  $15,09 \pm 0,06$  и  $17,20 \pm 0,07$  см,  $10,90 \pm 0,02$  и  $10,87 \pm 0,02$  см<sup>2</sup>/кг<sup>2/3</sup>,  $20,86 \pm 0,24$  и  $22,97 \pm 0,29$

кг/м<sup>2</sup>, 12,68±0,16 и 12,86±0,17 кг/м<sup>3</sup>, 3,55±0,02 и 3,58±0,02 кг<sup>1/2</sup>/м<sup>6</sup>, 1,51±0,01 и 1,39±0,01 кг/дм<sup>3</sup>, 91,49±1,35 и 96,15±1,05 у. е., 0,94±0,0002 и 1,09±0,0003 кг/дм<sup>3</sup>. Достоверные различия обнаруживают следующие показатели: рост, масса тела, окружность запястья, ИМТ<sub>1</sub>, ИУ, ЖНИТ, D.

Таблица 1 – Гендерные характеристики телосложения человека у лиц двадцатилетнего возраста

Группа	С П	А, лет	Н, см	М, кг	С, см	ИФТ у.е.	ИМТ <sub>1</sub> , у.е.	ИМТ <sub>2</sub> , у.е.	ИТ, у.е.	ИУ, у.е.	ЖНИТ, у.е.	D, у.е.
Девушки	ВР 0,9М- 1,1М	18,54- 22,66	148,45- 181,44	51,06- 62,41	13,58- 16,60	9,81- 11,99	18,78- 22,9	11,41- 13,95	3,20- 3,91	1,36- 1,66	76,15 – 106,94	0,84- 1,03
	M <sub>162</sub>	20,60	164,94	56,73	15,09	10,90	20,86	12,68	3,55	1,51	91,54	0,94
	±m	0,05	0,48	0,66	0,06	0,02	0,24	0,16	0,02	0,01	5,10	0,0002
Юноши	ВР 0,9М- 1,1М	18,74- 22,79	160,99- 196,77	66,10- 80,79	15,48- 18,92	9,79- 11,96	20,67- 25,26	11,58- 14,15	3,22- 3,93	1,25- 1,52	84,42 – 108,95	0,98- 1,20
	M <sub>122</sub>	20,72	178,88	73,45	17,20	10,87	22,97	12,86	3,58	1,39	96,18	1,09
	±m	0,09	0,55	0,93	0,07	0,02	0,29	0,17	0,02	0,01	4,25	0,003
	P	-	**	**	**		**			**	**	**
	Δ	-	8,45	29,46	13,97	-0,26	10,07	1,46	0,72	-8,17	5,07	16,83

Примечание: 1) \* и \*\* - достоверность различий <0,05 и <0,001; 2) Δ – гендерные различия показателей в процент.

В связи с этим более верным определением гендерных различий представляется сопоставление не случайно сложившихся групп (состоящих из однополых, но разнообъемных и разноупитанных АС, НС и ГС), а отобранных из этих групп представителей одинакового типа телосложения, например, нормально упитанных нормостеников (табл.2).

Как показал анализ девушек и юношей, рост, масса тела, окружность запястья, ИФТ, ИМТ<sub>1</sub>, ИМТ<sub>2</sub>, ИТ, ИУ, ЖНИТ, D составили, соответственно, 164,48±0,70 и 179,38±0,85 м, 56,01±0,69 и 73,75±1,14 кг, 15,02±0,07 и 17,23±0,09 см, 10,90±0,01 и 10,87±0,01 см<sup>2</sup>/кг<sup>2/3</sup>, 20,65±0,13 и 22,86±0,19 кг/м<sup>2</sup>, 12,56±0,08 и 12,74±0,10 кг/м<sup>3</sup>, 3,54±0,01 и 3,57±0,01 кг<sup>1/2</sup>/м<sup>6</sup>, 1,51±0,01 и 1,38±0,01 кг/дм<sup>3</sup>, 91,36±2,96 и 96,08±2,72 усл.ед., 0,94±0,0002 и 1,09±0,005 кг/дм<sup>3</sup>. Достоверные различия обнаруживают следующие все показатели: рост, масса тела, окружность запястья, ИМТ<sub>1</sub>, ЖНИТ, D.

Таблица 2 – Морфометрическая оценка 20-летних юношей и девушек, отнесенных к нормально упитанным нормостеникам

Группы	С П	А, лет	Н, см	М, кг	С, см	ПТ, у.е.	ИФТ у.е.	ИМТ <sub>1</sub> у.е.	ИМТ <sub>2</sub> у.е.	ИТ, у.е.	ИУ у.е.	ЖНИТ, у.е.	D, у.е.
Юношами	M <sub>47</sub>	20,94	179,38	73,75	17,23	259,87	10,87	22,86	12,74	3,57	1,38	96,08	1,09
	±m	0,16	0,85	1,14	0,09	1,47	0,01	0,19	0,10	0,01	0,01	2,72	0,005
Девуш ками	M <sub>73</sub>	20,63	164,48	56,01	15,02	285,52	10,90	20,65	12,56	3,54	1,51	91,36	0,94
	±m	0,08	0,70	0,69	0,07	1,27	0,01	0,13	0,08	0,01	0,01	2,96	0,000 2
Достов ер- ность*	P	0,099	<0,001	<0,00 1	<0,00 1	<0,001	0,160	<0,00 1	0,151	0,15 2	0,05	<0,001	<0,00 1

Примечание: \*Достоверность различий между м и ж (t-критерий Стьюдента).

Совпадение ИМТ<sub>2</sub> у юношей и девушек можно, по-видимому, объяснить сопряженными различиями внешней формы и плотности тела, создающими в итоге одинаковые условия для отдачи тепла организмом.

Таблица 3 – Варианты сочетания упитанности и типа телосложения у юношей 20-летнего возраста (n=122)

	ИМТ <sub>2</sub>	ИТ	ИУ	Абс.	% ± m
1. Избыточно упитанные астеники	11,58-14,15	3,22-3,93	>1,52	8	6,6±2,24
2. Недостаточно упитанные астеники	<11,58	<3,22	<1,25	8	6,6±2,24
3. Нормально упитанные астеники	<11,58	<3,22	1,25-1,52	2	1,6±1,15
4. Нормально упитанные полуастеники	<11,58	3,22-3,93	1,25-1,52	15	12,3±2,97
5. Недостаточно упитанные нормостеники	<11,58	3,22-3,93	<1,25	10	8,2 ± 2,48
6. Нормально упитанные нормостеники	11,58-14,15	3,22-3,93	1,25-1,52	47	38,5±4,41
7. Избыточно упитанные нормостеники	>14,15	3,22-3,93	>1,52	4	3,3 ± 1,61
8. Нормально упитанные полугиперстеники	>14,15	3,22-3,93	1,25-1,52	9	7,4 ± 2,37
9. Нормально упитанные гиперстеники	>14,15	>3,93	1,25-1,52	2	1,6 ± 1,15
10. Избыточно упитанные гиперстеники	>14,15	>3,93	>1,52	11	9,0 ± 2,59
11. Недостаточно упитанные гиперстеники	11,58-14,15	3,22-3,93	<1,25	6	4,9 ± 1,96

Варианты сочетания упитанности и типа телосложения у девушек 20-летнего возраста (n=162)

	ИМТ <sub>2</sub>	ИТ	ИУ	Абс.	% ± m
1. Избыточно упитанные астеники	11,41-13,95	3,20-3,91	>1,66	7	4,3±1,83
2. Недостаточно упитанные астеники	<11,41	<3,20	<1,36	4	2,5 ± 1,40
3. Нормально упитанные астеники	<11,41	<3,20	1,36-1,66	6	3,7±1,70
4. Нормально упитанные полуастеники	<11,41	3,20-3,91	1,36-1,66	22	13,6±3,02
5. Недостаточно упитанные нормостеники	<11,41	3,20-3,91	<1,36	7	4,3 ± 1,83
6. Нормально упитанные нормостеники	11,41-13,95	3,20-3,91	1,36-1,66	73	45,1±3,85
7. Избыточно упитанные нормостеники	>13,95	3,20-3,91	>1,66	4	2,5 ± 1,40
8. Нормально упитанные полугиперстеники	>13,95	3,20-3,91	1,36-1,66	7	4,3 ± 1,83
9. Нормально упитанные гиперстеники	>13,95	>3,91	1,36-1,66	8	4,9 ± 1,94
10. Избыточно упитанные гиперстеники	>13,95	>3,91	>1,66	10	6,2 ± 2,16
11. Недостаточно упитанные гиперстеники	11,41-13,95	3,20-3,91	<1,36	14	8,6 ± 2,50

Согласно ИМТ<sub>2</sub> нормальное соотношение роста и массы тела имело место у 94 девушек (группа А), тогда как формальный недостаток или избыток массы тела отмечались соответственно у 39 (группа Б) и 29 (группа В) девушек. В соответствии с ИТ исследуемые девушки распределились следующим образом: явные астеники - 10, явные гиперстеники - 18, истинные нормостеники и псевдонормостеники - 134. И, наконец, согласно ИУ были выявлены 126 нормально упитанных девушек, а также 21 человек с избыточной и 25 с недостаточной упитанностью организма [7].

В ходе дальнейшего анализа было показано, что в группу Б (ИМТ<sub>2</sub><нормы) вошли все 10 явных девушек-астеников (в том числе 4 человека с ИУ ниже нормы), 7 недостаточно упитанных нормостеников, а также 22 девушки с нормальными ИТ и ИУ при формальном дефиците массы тела. Как показало изучение этого факта, средние значения ИТ и ИУ в обнаруженной подгруппе (n=22), были приближены к нижней границе нормы (то есть >0,9M<sub>162</sub>, но <M<sub>162</sub>), что в совокупности привело к снижению ИМТ<sub>2</sub>. Поэтому обсуждаемые девушки были отнесены к промежуточному варианту телосложения (полуастеникам).

Убедительным доказательством морфологической близости явных астеников и полуастеников явилось практическое совпадение у них индекса Соловьева (то есть окружности запястья).

При аналогичном анализе группы (ИМТ<sub>2</sub> > нормы) оказалось, что в нее вошли все 18 явных девушек - гиперстеников (в том числе 10 из которых имели ИУ выше нормы), 4 избыточно упитанных нормостеника и 7 полугиперстеников, у которых ИТ и ИУ были в пределах нормы (т.е. <1,1M<sub>162</sub>, но >M<sub>162</sub>), а окружность запястья при этом не отличалась от таковой у явных гиперстеников.

И, наконец, группу А (ИМТ<sub>2</sub> равен норме табл.3) составили 73 истинных нормостеников - девушек, у которых все индексы соответствовали норме и 21 псевдонормостеника, из которых 7 человек оказались избыточно упитанными астениками (так как ИУ у них оказался выше при нормальных значениях ИМТ<sub>2</sub> и ИТ), а 14 – недостаточно упитанными гиперстениками (так как ИУ у них оказался ниже нормы при нормальных значениях ИМТ<sub>2</sub> и ИТ).

Итак, с помощью ИМТ<sub>2</sub>, ИТ и ИУ все типы телосложения (астеники, нормостеники и гиперстеники) могут быть разделены на нормально, избыточно или недостаточно упитанные варианты с одновременным выявлением 2 промежуточных вариантов (нормально упитанных полуастеников и нормально упитанных полугиперастеников) (табл.3)

При этом все 11 подтипов телосложения хорошо подчиняются закону нормального распределения, согласно которому нормостенические варианты телосложения были выявлены у 84 девушек (51,9%) [табл. 3 № 5-7], а все астенические [табл. 3; №1-4] и все гиперстенические [табл.3: № 8-11] варианты составили, соответственно, по 39 (24,1%) и 39 (24,1%) девушек (табл.3). Нормостенические варианты телосложения были выявлены у 61 (50,0%) юноши, а все астенические и гиперстенические варианты составили, соответственно, по 33 (27%) и 28 (23%). В целом в группе двадцатилетних лиц, проживающих на Юге России, все нормостенические варианты были выявлены у 145 (51%) человек, а все астенические и гиперстенические варианты составили, соответственно, по 72 (25,4%) и 67 (23,6%). Гендерных различий в частоте вариантов сочетания упитанности и типа телосложения установлено не было.

Обнаружено, что лиц гиперстенического типа телосложения среди юношей и девушек, принадлежащих к выходцам с Северного Кавказа оказалось больше, чем среди лиц, относящихся к славянской национальной группе; астенический тип практически не встречался; среди юношей и девушек, относящихся к славянской национальной группе в 2 раза больше лиц, имеющих избыточную упитанность.

Таким образом, установлено, что в группе двадцатилетних лиц, проживающих на территории Юга России, триада морфометрических показателей (ИМТ<sub>2</sub>, ИТ, ИУ) позволила выделить основные типы телосложения, которые были разделены на нормально, избыточно и недостаточно упитанные варианты с одновременным выявлением 2 промежуточных вариантов (нормально упитанных полуастеников и нормально упитанных полугиперстеников); установлено, что у половины лиц двадцатилетнего возраста были выявлены нормостенические варианты, а астенические и гиперстенические варианты составили, соответственно, по одной четверти лиц представленной группы; установлены гендерные различия у двадцатилетних нормально упитанных нормостеников по следующим показателям: рост, вес, окружность запястья, индекс массы тела<sub>1</sub>, жиронезависимый индекс телосложения, плотность тела.

#### Список литературы / References

1. Бахарева, Н. С. Морфометрическое определение гендерных различий телосложения / Н. С. Бахарева, Н. С. Чупрунова, Е. К. Гордеева, А. К. Керимова // Морфология. – 2016. – Т. 149, № 3. – С. 30.
2. Черноруцкий, М. В. Учение о конституции. Частная патология и терапия внутренних болезней / под ред. Г. Ф. Ланга, Д. Д. Плетнева. – М.; Л.: Госиздат, 1928. – Т. 4. – с. 171.
3. Шейх-Заде, Ю. Р. Морфометрическая оценка относительного содержания жировой ткани в организме человека. – Морфология. – 2012. – Т. 142, № 6. – С. 77-81.
4. Шейх-Заде, Ю. Р. Математическое описание телосложения и упитанности человека / Ю. Р. Шейх-Заде, П. А. Галенко-Ярошевский, И. В. Чередник // Бюл. экспер. биол. мед. – 2013. – Т. 156, № 10. – С. 518-521.
5. Шейх-Заде, Ю. Р. Ключевые вопросы теории телосложения человека / Ю. Р. Шейх-Заде, С. Е. Байбаков, Н. С. Бахарева, Н. С. Чупрунова // Вестн. Москов. ун-та серия Антропология, 2014. – № 4. – С. 31-41.
6. Шейх-Заде, Ю. Р., Байбаков С. Е., Бахарева Н. С. Способ определения типа телосложения у человека. Патент на изобретение № 2576808, опубл. 10.02.2016г. в БИ 7.
7. Шейх-Заде, Ю. Р. Математическая модель площади тела человека / Ю. Р. Шейх-Заде, П. А. Галенко-Ярошевский // Бюл. экспер. биол. мед. – 2000. – Т. 129, № 3. – С. 356-357.
8. Шейх-Заде, Ю. Р. Определение должной частоты сердечных сокращений у человека в покое / Ю. Р. Шейх-Заде, Ю. А. Зюзик, К. Ю. Шейх-Заде // Физиология человека. – 2001. – Т. 27. – № 6. – С. 114-116.
9. Eknayan G. Adolphe Quetelet (1796-1874) – the average man and indices of obesity // Nephrol. Dial. Transplant., 2008. – V. 23, №1. – P. 47-51.
10. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series 894. Geneva, WHO, 2000.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Bahareva N.S. Morfometricheskoe opredelenie gendernyh razlichij teloslozhenija [Morphometric definition of gender differences in the body type] / N.S. Bahareva, N.S. Chuprunova, E.K. Gordeeva, A.K. Kerimova // Morfologija [Morphology]. – 2016. – T. 149, № 3. – P. 30. [in Russian]
2. Chernoruckij M.V. Uchenie o konstitucii. Chastnaja patologija i terapija vnutrennih boleznej [Theory of the body types. Private pathology and internal medicine therapy] / Edited by G. F. Langa, D. D. Pletneva. – M.; L.: Gosizdat, 1928. – T. 4. – P. 171. [in Russian]
3. Shejh-Zade Ju.R. Morfometricheskaja ocenka odnositel'nogo soderzhaniya zhirovoj tkani v organizme cheloveka [Morphometric evaluation of the relative fatty tissue in the human body] // Morfologija [Morphology]. – 2012. – T. 142, № 6. – P. 77-81. [in Russian]
4. Shejh-Zade Ju.R. Matematicheskoe opisanie teloslozhenija i upitannosti cheloveka [Mathematical description of the physique and fatness of a person] / Ju.R. Shejh-Zade, P.A. Galenko-Jaroshevskij, I.V. Cherednik // Bjulleten' jeksperimental'noj biologii i mediciny [Bulletin of Experimental Biology and Medicine]. – 2013. – T. 156. – №. 10. – P. 518-521. [in Russian]
5. Shejh-Zade Ju.R. Kljuchevye voprosy teorii teloslozhenija cheloveka [Key questions in the theory of the physique of man] / Ju.R. Shejh-Zade, S.E. Bajbakov, N.S. Bahareva, N.S. Chuprunova // Vestn. Moskov. un-ta serija Antropologija [Bulletin of Moscow University. Anthropology Series], 2014. – № 4. – P. 31-41. [in Russian]
6. Shejh-Zade Ju.R., Bajbakov S.E., Bahareva N.S. Spособ opredelenija tipa teloslozhenija u cheloveka. Patent na izobretenie [The method of determining the type of physique in humans. Patent for invention] № 2576808, published 10.02.2016 g. v BI 7. [in Russian]
7. Shejh-Zade, Ju.R. Matematicheskaja model' ploshhadi tela cheloveka [Mathematical model of human body area] / Ju.R. Shejh-Zade, P.A. Galenko-Jaroshevskij // Bjul. jeksper. biol. med. [Bulletin of Experimental Biology and Medicine] – 2000. – T. 129, № 3. – P. 356-357. [in Russian]
8. Shejh-Zade, Ju.R. Opredelenie dolzhnoj chastoty serdechnyh sokrashhenij u cheloveka v pokoe [Determination of the proper frequency of cardiac contractions in humans at rest] / Ju.R. Shejh-Zade, Ju.A. Zuzik, K.Ju. Shejh-Zade // Fiziologija cheloveka [Human Physiology]. – 2001. – T. 27. – № 6. – P. 114-116. [in Russian]
9. Eknayan G. Adolphe Quetelet (1796-1874) – the average man and indices of obesity // Nephrol. Dial. Transplant., 2008. – V. 23, №1. – P. 47-51.
10. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO Consultation. WHO Technical Report Series 894. Geneva, WHO, 2000.



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.059>Бесланев И.А.<sup>1</sup>, Курданова М.Х.<sup>2</sup>, Батырбекова Л.М.<sup>3</sup>, Курданов Х.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Кандидат медицинских наук, <sup>2</sup>Кандидат медицинских наук, <sup>3</sup>Кандидат медицинских наук, <sup>4</sup>Доктор медицинских наук, профессор, Центр медико-экологических исследований - филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки - Государственного научного центра Российской Федерации - Института медико-биологических проблем Российской академии наук. Нальчик, Российская Федерация

# ЦЕНТРАЛЬНАЯ ГЕМОДИНАМИКА, ТИРЕОИДНЫЙ СТАТУС И ДИСФУНКЦИИ ЭНДОТЕЛИЯ У БОЛЬНЫХ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТОНИЕЙ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГОРЬЯ

## Аннотация

В статье представлены данные о параметрах центральной и интракардиальной гемодинамики, структурно-функционального состояния левого желудочка (ЛЖ) и влиянии на них тиреотропного гормона (ТТГ), тиреоидных гормонов (ТГ) – трийодтиронина Т3, тироксина Т4 и метаболитов оксида азота (NO) – нитритов (NO<sub>2</sub>) и нитратов (NO<sub>3</sub>). Установлено, что снижение продукции NO с одновременным снижением концентрации тиреоидных гормонов вызывают нарушения интракардиальной гемодинамики, изменения структурно-функционального состояния ЛЖ и утяжеляют течение артериальной гипертензии. С помощью уравнений множественной регрессии рассчитаны закономерности отражающие зависимость абсолютных и относительных значений параметров гемодинамики и структурно-функционального состояния ЛЖ от концентрации тиреоидных гормонов и NO в крови.

**Ключевые слова:** артериальная гипертензия, тиреоидные гормоны, дисфункция эндотелия, оксид азота, высокогорье.

Beslaneev I. A.<sup>1</sup>, Kurdanova M. H.<sup>2</sup>, Batyrbekova L. M.<sup>3</sup>, Kurdanov H. A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>MD, <sup>2</sup>MD, <sup>3</sup>MD, <sup>4</sup>MD, Professor,

Medical and Environmental Research Center – the Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution – State Scientific Center of the Russian Federation – Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences. Nalchik, Russian Federation

# CENTRAL HEMODYNAMICS, THYROID STATUS AND DYSFUNCTIONS OF ENDOTHELIA IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION IN HIGHER TREATMENT

## Abstract

The paper presents data on the parameters of central and intracardial hemodynamics, the structural and functional state of the left ventricle (LV) and the influence of the thyroid-stimulating hormone (TSH), thyroid hormones (TH) - triiodothyronine T3, thyroxine T4 and metabolites of nitrogen oxide (NO) – nitrites (NO<sub>2</sub>) and nitrates (NO<sub>3</sub>) on them. It has been found that a decrease in the production with a simultaneous decrease in the thyroid hormone concentration causes disturbances in intracardial hemodynamics, changes in the structural and functional state of LV, and increase the course of arterial hypertension. With the help of the multiple regression equations, the regularities reflect the dependence of the absolute and relative values of hemodynamic parameters and LV structural and functional status on the concentration of thyroid hormones and NO in the blood.

**Keywords:** arterial hypertension, thyroid hormones, endothelial dysfunction, nitric oxide, high altitude.

Синтезируемый эндотелием вазодилатор оксид азота (NO) оказывает существенное влияние на многие фундаментальные процессы в организме человека: стабилизацию венозного и артериального давления, общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС), объема и вязкости циркулирующей крови и распределение крови в сосудах. NO влияет на сигналы эффекторов апоптоза и пролиферации миокардиоцитов и гладких мышц сосудов, коагуляцию, агрегацию клеток, синтез гепарина, регулирует сократительную функцию миокарда, усиливает релаксацию желудочков. NO регулирует активность нейронов, нейрогормональную активность, церебральный кровоток и влияет на многие факторы, определяющие гомеостаз [1].

Дисфункция эндотелия (ДЭ) характеризуется снижением образования вазодилаторов - NO, простациклина, фактора гиперполяризации эндотелия, аденомодулина при одновременном повышении продукции вазоконстрикторов: тромбоксана, серотонина, эндотелина-1, ангиотензина-II, прокоагулянтных, проагрегантных и ростовых факторов [2]. ДЭ способствует дисбалансу других эндотелиальных и экстра эндотелиальных факторов: адгезивных молекул, компонентов комплемента, натрийуретических пептидов, ростовых факторов и др., и является значимым фактором развития и течения ишемической болезни сердца, сердечной недостаточности, артериальной гипертензии (АГ) [3].

Тиреоидные гормоны (ТГ), также как NO, влияют на многие процессы в организме человека. ТГ влияют на метаболизм белков, липидов, углеводов, микроэлементов, рост, развитие и дифференцировку клеток, функции клеточных мембран, субклеточных и ядерных структур. ТГ и NO влияют на частоту сердечных сокращений (ЧСС), а также на регуляции дыхательной, иммунной, пищеварительной, гормональной, вегетативной и центральной нервной системы. ТГ влияют на экспрессию генов кодирующих миозин, мембранные белки и ферменты. Неядерные эффекты ТГ оказывают влияние на сокращение миокарда, общее и периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС, ПСС). ТГ активно участвуют в процессах трансмембранного транспорта ионов, глюкозы, внутриклеточные сигнальные молекулы, участвуют в ангиогенезе, регулируют терморегуляцию, утилизацию тканями кислорода, синтез инсулина, увеличивают образование эритропоэтина, гемоглобина и других веществ [4], [5].

При гипофункции щитовидной железы наблюдается снижение продукции вазодилаторов - NO, простациклина с увеличением ОПСС и среднего гемодинамического АД (СдАД). Эти влияния связаны как с прямым действием повышенного уровня тиреотропного гормона (ТТГ), так и недостаточностью образования ТГ – трийодтиронина (Т3) и тетрайодтиронина (тироксина - Т4) [6].

Снижение концентрации NO и активности ТГ связано с реакциями на вазомоторные и барорефлекторные стимулы, коагуляцию, что отражается на вазодилатации и параметрах гемодинамики, уровнях артериального давления, клеточном составе крови, коагуляции и других факторов, влияющих на течение АГ и развитие ее осложнений [7].

Одной из важных реакций адаптации к высокогорной гипоксии является снижение функции ТГ и тканевой йод концертирующей функции, что вызывает снижение основного обмена и потребность тканей в кислороде. При этом гемодинамические и нейрогормональные сдвиги, свойственные дефициту ТГ у них выражены незначительно.

В условиях гипоксии синтез NO увеличивается в результате активности синтаз оксида азота (NOS) и нитритредуктазного восстановления нитрит – анионов  $\text{NO}_2^-$  в NO при участии гемпротеинов: (гемоглобина, миоглобина, ферритина, трансферина, цитохромоксидазы, ко-энзимов), а также эритроцитоза и снижения разрушения NO перекисными радикалами. При этом синтез ТГ снижается [8], [9].

Цель: изучить особенности центральной гемодинамики, структурно-функционального состояния левого желудочка, тиреоидного статуса, концентрацию оксида азота в крови и их взаимосвязи у больных артериальной гипертонией и здоровых жителей высокогорья.

### Материалы и методы

В высокогорных поселках Приэльбрусья – пп.Терскол, Тегенекли (2100 - 3600 м. над уровнем моря) обследовано 175 человек. Из них 115 больных артериальной гипертонией (АГ) 1- 2 степени I – II стадии, которые разделены на группы:

1. 55 больных с АГ 1 степени: (24 мужчин и 31 женщин), возраст  $48,2 \pm 3,2$  лет, ИМТ  $24,7 \pm 1,3$  кг/м<sup>2</sup>, с длительностью течения заболевания ( $5,5 \pm 1,6$ ) лет.
2. 60 больных с АГ 2 степени: (27 мужчин и 33 женщин), возраст  $56,7 \pm 2,4$  лет, ИМТ  $25,7 \pm 1,7$  кг/м<sup>2</sup>, с длительностью течения заболевания ( $8,9 \pm 1,2$ ) лет.
3. Контрольную группу составили 60 здоровых лиц (26 мужчин и 34 женщины), возраст  $45,8 \pm 3,6$  лет, ИМТ  $23,4 \pm 0,6$  кг/м<sup>2</sup>, сопоставимых по полу, возрасту и массе тела.

Все обследованные лица были ознакомлены с протоколами исследований, получено информированное согласие для их дальнейшего проведения. В исследование включались пациенты с длительным присутствием высоких цифр АД ( $>140/91$  мм рт ст); с артериальной гипертонией и факторами риска в анамнезе. Диагноз АГ подтверждали на основе данных полученных при клинических, анамнестических, инструментальных и биохимических методов исследований. Стратификацию факторов риска, общего риска, определяли в соответствии с рекомендациями, изложенными в Глобальном резюме по Гипертонии. Всемирной организации здравоохранения (WHO/DCO/WHO/2013.2) [10].

Из исследования исключали: больных с симптоматической артериальной гипертензией; системными заболеваниями; наличием воспалительных, эндокринных заболеваний, установленной стенокардии; больные с нарушениями проводимости и ритма сердца; с признаками хронической легочной и левожелудочковой недостаточности; больные, принимающие лекарственную терапию и пищу, влияющую на метаболизм тиреоидных гормонов и катаболизм нитритов и нитратов.

### Методики исследований

Обследование функционального состояния сердца и сосудистой системы проведено с использованием электрокардиографа «Nihon Cohden FQW210-3», (Япония), Эхо-кардиографических сканеров «Aloka SSD-500», (Япония) и «ACUSON Antares Siemens Medical Solutions», (США). Для выявления поражений «органов - мишеней» пациентам выполнялось ультразвуковое исследование щитовидной железы, почек и осмотр сосудов сетчатки.

Показатели ЧСС и АД – определяли автоматическими осциллометрическими тонометрами «Omron M1», (Япония) и суточными мониторами АД и ЧСС «ДМС - Передовые технологии». Скорость распространения пульсовой волны (PWV, м/сек) и линейную скорость кровотока (LV, см/сек) рассчитывали в программе «Союз – 2012».

Эхокардиографию выполняли в М, В, М/В – режимах из парастернальной позиции и апикального доступа с оценкой структурно-функционального состояния левого желудочка (ЛЖ). Определяли: объем и размеры ЛЖ в диастолу (КДР, см., КДО, мл.) и систолу (КСР, см., КСО, мл.) и их индексированные значения на метр<sup>2</sup> поверхности тела (иКДО, иКСО, иКДР, иКСР); ударный объем (УО) и его индексированное значение (УИ, мл/м<sup>2</sup>); процент ударного выброса - фракцию выброса (ФВ= УО/КДО\*100%), степень укорочения волокон миокарда (ОС, %). Рассчитывали удельное время механической систолы (УВМС = ВВ/УО, мс/мл); объемную скорость сердечного выброса (ОССВ = УО/ВВ, мл/мс), где ВВ - время ударного выброса из ЛЖ в мс; индекс массы миокарда (ИММЛЖ, грамм/м<sup>2</sup>); индекс относительной толщины стенки (ИОТ, ед.); отношение (КДР/С, см/м<sup>2</sup>), где С - площадь поверхности тела; индекс соответствия (УО/ММЛЖ, мл/грамм); индекс напряженности миокарда (САД/КСО, ед.); показатель артериальной жесткости (УИ/ПАД, ед), где (ПАД - пульсовое АД, мм рт.ст.). Рассчитывали общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС) и его индексированное значение (УПСС, дина\*с/см<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>). [11].

Продукцию оксида азота (NO) рассчитывали по содержанию его стабильных метаболитов: нитрит - аниона ( $\text{NO}_2^-$ ) и нитрат - аниона ( $\text{NO}_3^-$ ) в плазме крови и эритроцитах. Концентрацию  $\text{NO}_2^-$  определяли в без белковых пробах плазмы крови и эритроцитах по методу Green L.C. Экстинкцию измеряли на спектрофотометре СФ-6-А (Россия) при длине волны  $\lambda=543$  нм. Концентрацию  $\text{NO}_3^-$  определяли прямым спектрофотометрическим методом. К 1 мл без белкового фильтрата добавляли 2,5 мл бруцинового реактива. Экстинкцию определяли при длине волны  $\lambda=405$  нм [12].

В плазме определяли содержание тиреотропного гормона (ТТГ), свободный и общий трийодтиронин (с.Т3, об Т3), свободный тетраодтиронин (Т4), антитела к тиреоидной пероксидазе (АТ-ТПО) методом ИФА с использованием реактивов «Алкор - Био», (Россия). Результаты рассчитывали на микропланшетном анализаторе «Stat-Fax - 2100», Awareness Technology Inc, (США). Для оценки тканевого дейодирования рассчитывали индекс периферической конверсии (ИПК=с.Т4/с.Т3); интегральный тиреоидный индекс (ИТИ = с.Т3+с.Т4/ТТГ). Активность щитовидная железа – гипофиз по отношению (с.Т3/ТТГ) и отношению (с.Т4/ТТГ).

### Статистический анализ

Значимость различий между сравниваемыми параметрами определяли при помощи  $t$  – критерия Стьюдента. Для оценки взаимосвязей между концентрацией NO и ТГ в крови и гемодинамическими и структурно-функциональными показателями ЛЖ применен метод множественного регрессионного анализа с помощью программы «Statistica Advansed» v. 10,01 StatSoft, (США). Значимость факторов в уравнении регрессии оценивали по коэффициентам эластичности ( $E_i$ ) и детерминации ( $d^2$ ) – отдельного распределения. Корреляции Пирсона исследовались между всеми показателями для исключения автокорреляций ( $r_{xy} > 0,65$ ) и мультиколлинеарности (высокой взаимной корреляцией объясняющих переменных). Все полученные результаты обработаны на ПК. Различия считались достоверными при уровне значимости  $p < 0,05$ .

### Результаты и их обсуждение

Результаты анализа параметров гемодинамики и структурно - функциональных показателей ЛЖ у здоровых лиц и в группах больных АГ 1 степени и АГ 2 степени показаны в таблице 1.

Как видно из таблицы, показатели гемодинамики (иКДО, мл/м<sup>2</sup>, УИ, мл/м<sup>2</sup>) достоверно выше у больных АГ 2 степени (иКДО на 2 %, УИ на 9 %) по сравнению с группой здоровых лиц. В группе больных АГ 1 степени УПСС увеличено на 11 %, в группе больных АГ 2 степени увеличено на 24% по сравнению с группой здоровых лиц. ИММЛЖ – в группе больных АГ 1 степени увеличен на 14 %, в группе больных АГ 2 степени увеличен на 40 % в сравнении с группой здоровых лиц. Индекс соответствия (УИ/ММЛЖ) снижен у больных АГ 1 на 13 % и у больных АГ 2 степени на 34 % в сравнении с группой здоровых лиц.

ИОТ увеличен в группах больных АГ на 5% и АГ 2 степени на 22 % по сравнению с группой здоровых лиц. Индекс (САД/КСО) – увеличен в группе больных АГ 1 степени на 27 %, у больных АГ 2 степени на 43 % по сравнению с группой здоровых лиц. ФВ, ОС снижены у больных АГ 2 степени (ФВ на 5%, ОС на 8 %). Таким образом, у больных АГ 2 степени более значимо увеличены как показатели гемодинамики, так и структурно-функциональные показатели ЛЖ, чем в группе больных АГ 1 степени и группе здоровых лиц.

Таблица 1 – Гемодинамические показатели у больных АГ ( $M \pm m$ )

Значения \ Группы	Здоровые (1) (n=60)	Больные (2) АГ 1 ст. (n=55)	Больные (3) АГ 2 ст. (n=60)
СдАД мм.рт.ст.	89,1 $\pm$ 1,5	118,2 $\pm$ 1,3*	126,7 $\pm$ 1,5*
иКДО, мл/м <sup>2</sup>	61,3 $\pm$ 0,9	62,7 $\pm$ 0,7	66,9 $\pm$ 0,8*
УИ, мл/м <sup>2</sup>	38,6 $\pm$ 0,9	39,2 $\pm$ 0,8	39,9 $\pm$ 1,3
УПСС, дин.с/см <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	886,4 $\pm$ 7,9	979,8 $\pm$ 11,3*	1118 $\pm$ 12,4*
ИММЛЖ, г/м <sup>2</sup>	89,5 $\pm$ 1,8	102,4 $\pm$ 1,7*	125,5 $\pm$ 2,2*#
УО/ММЛЖ, ед.	0,43 $\pm$ 0,02	0,38 $\pm$ 0,03*	0,32 $\pm$ 0,002*#
ИОТ, ед.	0,36 $\pm$ 0,001	0,38 $\pm$ 0,001*	0,44 $\pm$ 0,002*#
САД/КСО, ед.	3,92 $\pm$ 0,03	4,98 $\pm$ 0,04*	5,64 $\pm$ 0,04*#
ФВ, %	62,9 $\pm$ 0,8	62,4 $\pm$ 0,7	59,6 $\pm$ 0,9
ОС, %	32,7 $\pm$ 0,4	32,5 $\pm$ 0,3	30,3 $\pm$ 0,4*
КДР/Р см/м <sup>2</sup>	2,81 $\pm$ 0,02	2,93 $\pm$ 0,03*	2,99 $\pm$ 0,02*#
УВМС, мс/мл	3,68 $\pm$ 0,02	3,94 $\pm$ 0,03*	3,98 $\pm$ 0,03*#
ОССВ, мл/мс	0,29 $\pm$ 0,01	0,27 $\pm$ 0,003*	0,25 $\pm$ 0,01*#
LV, см/сек	72,8 $\pm$ 1,1	86,7 $\pm$ 1,3*	99,6 $\pm$ 1,2*#
PWV, м/с	7,12 $\pm$ 0,04	8,24 $\pm$ 0,2*	8,95 $\pm$ 0,2*
УИ/ПАД, ед.	0,99 $\pm$ 0,05	1,06 $\pm$ 0,05*	1,68 $\pm$ 0,03*#

Примечания: \* - различия между группами 2. 3 и 1 ( $p < 0,05$ ). \*# - различия между группами 2 и 3 ( $p < 0,05$ ).

Показатель КДР/S выше в группах больных АГ 1 на 4 %, у больных АГ 2 степени на 6 % чем в группе здоровых лиц. LV в плечевой артерии ниже на 6 % у больных АГ 1 степени, у больных АГ 2 степени ниже на 14 % в сравнение с группой здоровых лиц. Скорость распространения пульсовой волны выше в группах больных АГ 1 степени на 8% и АГ 2 степени на 26% в сравнении с группой здоровых лиц. УВМС, мс/мл в группе больных АГ 2 степени достоверно выше на 10%, чем в группе здоровых лиц. УИ/ПАД, ед., выше у больных АГ 1 степени на 7%, у больных АГ 2 степени выше на 40% в сравнении с группой здоровых лиц. ОССВ мл/мс снижена в группах больных АГ 1 степени на 7%, в группе АГ 2 степени снижена на 13% в сравнении с группой здоровых лиц.

В табл. 2 представлены концентрация нитрит - анионов ( $\text{NO}_2^-$ ) и нитрат - анионов ( $\text{NO}_3^-$ ) и их суммы в крови (NO) в группах больных АГ 1 степени, АГ 2 степени и здоровых лиц (в мкмоль/л).

Таблица 2– Концентрация нитрит - анионов и нитрат – анионов и их суммы в крови у больных АГ 1 и АГ 2 степени и здоровых лиц (М±m).

Значения \ Группы	Здоровые лица (n=60)	Больные АГ 1 степени (n=55)	Больные АГ 2 степени (n=60)
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мкмоль/л	23,2±1,4	21,6±1,3	16,2±1,4*#
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мкмоль/л	114,7±2,6	107,9±3,2	83,4±2,5*#
NO, мкмоль/л	137,9±2,3	129,5±2,6	99,6±2,2*#

Примечания: \* - достоверность различий между группами больных АГ 1 и АГ 2 степени и здоровых лиц, ( $p < 0,05$ ); # - достоверность различий между группами больных АГ 1 степени и АГ 2 степени, ( $p < 0,05$ ).

Концентрация NO<sub>2</sub><sup>-</sup> в крови у больных АГ 1 степени ниже на 12 %, у больных АГ 2 степени значительно ниже - на 49 % в сравнении с группой здоровых лиц. Концентрация NO<sub>3</sub><sup>-</sup> достоверно снижена у больных АГ 2 степени на 37 % в сравнении с группой здоровых лиц. Концентрация NO снижена у больных АГ 1 степени на 7 %, в группе больных АГ 2 степени ниже на 40 % по сравнению с группой здоровых лиц. (Табл. 2).

Концентрации гипофизарных и тиреоидных гормонов, антител к тиреоидной пероксидазе, гипофизарно - тиреоидные индексы представлены в таблице 3.

Концентрация тиреотропного гормона – ТТГ снижена у больных АГ 1 степени и значительно снижена у больных АГ 2 степени по сравнению с группой здоровых лиц. Концентрация с. Т3 и с. Т4 снижена у больных АГ 1 степени и АГ 2 степени по сравнению с группой здоровых лиц. Отношение (об. Т3/ТТГ) снижено у больных АГ 2 степени в сравнении с группой здоровых лиц. Индекс (с. Т4/ТТГ) снижен у больных АГ 2 степени в сравнении с группой здоровых лиц. Индекс периферической конверсии (показатель периферического тканевого дейодирования) ниже у больных АГ 1 степени и АГ 2 степени в сравнении с группой здоровых лиц. Антитела к тиреоидной пероксидазе ниже у больных АГ 2 степени в сравнении с группой здоровых лиц.

Таблица 3 – Концентрация тиреотропного гормона, тиреоидных гормонов в крови, индексы щитовидная железа – гипофиз, у здоровых лиц и у больных АГ 1 степени и АГ 2 степени (М±m)

Значения \ Группы	Здоровые лица (n=70)	Больные АГ 1 степени (n=55)	Больные АГ 2 степени (n=60)
ТТГ, мкМЕ/л	1,08±0,01	1,04±0,02	0,92±0,02*
об. Т3, пмоль/л	0,71±0,02	0,67±0,01*	0,58±0,02*
с. Т3, пмоль/л	1,93±0,02	1,89±0,03	1,73±0,02*
с. Т4, пмоль/л	9,2±0,3	8,4±0,2	8,4±0,3*
об. Т3/ТТГ, ед.	0,66±0,02	0,64±0,01	0,63±0,02*
с. Т4/ТТГ, ед.	8,52±0,01	8,07±0,02	7,39±0,02*
с.Т4/с.Т3, ед.	4,76±0,05	4,44±0,04	3,93±0,05*
с.Т3/ + с. Т4/ТТГ, ед.	10,4±0,2	9,89±0,15	11,0±0,2
АТ-ТПО, мкМЕ/мл	5,22±0,11	5,12±0,14	4,68±0,12*

Примечания: (ТТГ, мкМЕ/л), тиреотропный гормон; (с.Т3, пмоль/л); (с.Т4, пмоль/л); отношение (об.Т3/ТТГ, ед.); отношение (с.Т4/ТТГ, ед.); (АТ-ТПО, мкМЕ/мл) антитела к тиреоидной пероксидазе.

Полученные данные свидетельствуют о гипофункции щитовидной железы и снижении йодконцентрирующей функции, более выраженной в группе больных АГ 2 степени.

Эндотелий вносит существенный вклад в регуляцию кровообращения и распределения крови в сосудах. Без адекватного кровоснабжения тиреоидное обеспечение тканей не эффективно. Снижение концентрации NO и ТГ в крови вызывает дисбаланс других биологически значимых факторов. NO и ТГ оказывают влияние на ростовые факторы, регулируют сократительную функцию миокарда, усиливают релаксацию желудочков [13].

ТГ участвуют в реализации многих процессов опосредованных NO, как на уровне клеточных структур, мембран клеток, так и на ядерном уровне. Эффекты NO и ТГ могут, как потенцировать, так и снижать взаимовлияние на физиологические и патологические процессы в органах и тканях и между собой [14], [15].

У больных АГ 1 степени на фоне незначительного снижения концентрации стабильных метаболитов NO, снижена концентрация ТТГ, общего и свободного Т3, тироксина Т4, ниже отношение с. Т4/ТТГ, концентрация антител к тиреоидной пероксидазе. Параметры центральной гемодинамики - СдАД, иКСО, УИ, УПСС незначительно увеличены, как и структурно-функциональные показатели ЛЖ - ИОТ, ИММЛЖ, отношение САД/КСО. Снижены показатели - ОССВ, УВМС. Увеличена скорость распространения пульсовой волны и линейная скорость кровотока.

ДЭ у больных АГ 1 степени не приводит к существенным гемодинамическим и биохимическим сдвигам. Более значимые клинические и биохимические нарушения наблюдаются у больных АГ 2 степени. У них на фоне высоких уровней СдАД выявляются поражения «органов - мишеней», выражена дисфункция эндотелия, проявляющаяся в снижении концентрации стабильных метаболитов NO.

ДЭ у больных АГ 2 степени сочетается с нарушением центральной гемодинамики и снижением функций щитовидной железы. У них достоверно снижен с.Т3 и с.Т4, концентрация ТТГ, отношение с.Т4/ТТГ, с.Т4/с.Т3, и отношение с.Т4+с.Т3/ТТГ.

Показатели центральной гемодинамики - иКДО, УИ, СдАД у больных АГ 2 степени увеличены, как и структурно-функциональные показатели ЛЖ – ИОТ, ММЛЖ.

Таким образом, значительное снижение концентрации эндогенного NO и концентрации ТГ в группе больных артериальной гипертензии 2 степени приводит к более выраженным проявлениям ДЭ, которая сопровождается более выраженными изменениями показателей гемодинамики и структурно - функциональных показателей левого желудочка.

Проведен парный корреляционный анализ. Для оценки влияния концентрации NO и ТГ в крови на гемодинамические и структурно-функциональные показатели ЛЖ применен метод множественного регрессионного анализа.

С помощью уравнений регрессии в группах больных вычислены взаимосвязи между NO и концентрацией тиреоидных гормонов в крови, показателями гемодинамики и структурно-функциональными показателями миокарда ЛЖ.

Общее выражение уравнения множественной регрессии имеет вид:

$$Y = f(\beta, X) + \varepsilon$$

где  $X = X(X_1, X_2, \dots, X_n)$  - вектор факторных признаков;  $\beta$  - стандартизированные коэффициенты регрессии;  $Y$  – результативный признак;  $\varepsilon$  - отклонение.

Уравнение множественной регрессии представлено в виде:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + e$$

где  $b_0$  - свободный член, определяющий значение  $Y$  в случае, когда все факторные признаки  $X_j = 0$ .

Уравнения регрессии для здоровых лиц и больных АГ:

$$Y(NO) = b_1X_1(СдАД) + b_2X_2(ОПСС) + b_3X_3(PWV) + b_4X_4(ИММЛЖ) + b_5X_5(УИ);$$

$$Y(NO) = b_1X_1(СдАД) + b_2X_2(ТТГ) + b_3X_3(с.Т3) + b_4X_4(с.Т4) + b_5X_5(LV);$$

В группе здоровых лиц между NO и СдАД, ОПСС, LV, PWV установлены слабые обратные корреляции ( $r = -0,368$ ;  $-0,405$ ;  $p < 0,05$  -  $0,01$ ). Прямые корреляции выявлены между СдАД и ОПСС, УИ, LV ( $r = 0,377$ ;  $0,423$ ;  $p < 0,05$  -  $0,01$ ).

Между NO и ТТГ выявлена обратная корреляция ( $r = -0,433$ ;  $p < 0,01$ ) и прямые корреляции между NO и с.Т3, с.Т4 ( $r = 0,399$ ;  $p < 0,05$ ,  $r = 0,442$ ;  $p < 0,01$ ).

В группе АГ 1 степени между концентрацией NO в крови и СдАД, ОПСС, ИММЛЖ, ИОТ выявлены обратные корреляции ( $r = -0,453$ ;  $p < 0,01$ ,  $r = -0,816$ ;  $p < 0,001$ ). Прямые корреляции выявлены между уровнем СдАД и ОПСС, ИОТ, ИММЛЖ ( $r = 0,562$ ;  $p < 0,01$ ,  $0,847$ ;  $p < 0,001$ ).

Между NO и ТТГ установлена обратная корреляционная связь ( $r = -0,418$ ;  $p < 0,01$ ) и прямые корреляции между концентрацией NO в крови и с.Т3, с.Т4 ( $r = 0,467$ ;  $p < 0,01$ ,  $r = 0,593$ ;  $p < 0,01$ ).

В группе АГ 2 степени между концентрацией NO в крови и СдАД, ОПСС, ИММЛЖ, ИОТ выявлены сильные обратные корреляционные связи ( $r = -0,538$ ;  $p < 0,01$ ,  $r = -0,893$ ;  $p < 0,001$ ). Прямые корреляционные связи установлены между СдАД и ОПСС, ИОТ, ИММЛЖ ( $r = 0,783$ ;  $r = 0,898$ ;  $p < 0,001$ ).

Между NO и концентрацией ТТГ у больных АГ 2 степени выявлена отрицательная корреляционная связь ( $r = -0,602$ ;  $p < 0,001$ ) и прямые корреляционные связи между концентрацией NO в крови и с. Т3 ( $r = 0,433$ ,  $p < 0,01$ ), с. Т4 ( $0,512$ ;  $p < 0,01$ ).

У больных АГ 1 между уровнем СдАД и концентрацией с.Т4 в крови установлена слабая прямая корреляционная связь ( $r = 0,396$ ;  $p < 0,05$ ), у больных АГ 2 степени между уровнем СдАД и концентрацией с.Т4 в крови установлена прямая корреляционная связь ( $r = 0,472$ ;  $p < 0,01$ ).

Между NO и концентрацией АТ - ТПО установлена обратная корреляция в группе здоровых лиц ( $r = -0,448$ ;  $p < 0,01$ ).

Установлена обратная корреляционная связь между NO, ТТГ и возрастом у больных АГ 2 степени ( $r = -0,594$ ;  $p < 0,001$ ,  $r = -0,473$ ;  $p < 0,01$ ). Между NO, ТТГ и возрастом у здоровых лиц выявлена обратная взаимосвязь ( $r = -0,408$ ;  $p < 0,01$ ,  $r = -0,447$ ;  $p < 0,01$ ).

Установлена обратная корреляционная связь между концентрацией NO в крови и длительностью течения артериальной гипертензии в группах АГ 1 и АГ 2 степени ( $r = -0,538$ ;  $r = -0,552$ ;  $p < 0,001$ ).

Тиреоидные гормоны тесно связаны с регуляцией гемодинамики с синтезом NO, и участвуют в реализации как благоприятных, так и патологических влияний на организм.

В течении АГ задействована многоуровневая система взаимозависимых систем регуляции, гормональная, эндотелиальная, гемодинамическая и др., что приводит к развитию изменений в других системах и органах.

Вклад в возникновение структурно-функциональных изменений миокарда у больных АГ, кроме гемодинамических изменений, вносят другие факторы. Анализ уравнений множественной регрессии показал, что у больных АГ 2 степени изменения центральной гемодинамики и структурно-функциональные изменения миокарда связаны со снижением концентрации тиреоидных гормонов и метаболитов оксида азота.

Таким образом, течение артериальной гипертензии у жителей высокогорья сопровождается снижением функций щитовидной железы, являющейся адаптационной реакцией на гипоксию и другие факторы среды. Одновременное снижение NO и концентрации тиреоидных гормонов приводит к изменениям структурно-функциональных показателей миокарда и гемодинамики у больных с артериальной гипертензией.

**Выводы.**

У больных АГ 1 и АГ 2 степени снижена функция щитовидной железы и концентрация метаболитов NO.

У больных АГ 2 степени снижена концентрация тиреотропного гормона и тиреоидных гормонов.

Между показателями центральной гемодинамики СдАД, иКДО, УИ и концентрацией тиреоидных гормонов преобладают обратные корреляционные связи.

Между концентрацией NO и тиреоидными гормонами установлены прямые корреляционные связи и обратные корреляционные связи между NO и тиреотропным гормоном.

**Список литературы / References**

1. Лупинская З.А. Эндотелий. Функция и дисфункция / З.А. Лупинская, А.Г. Зарифьян, Т.Ц. Гурович, С.Г. Шлейфер // Бишкек: КРСУ им. Б.Н. Ельцина. -2008. - 373 с.
2. Vanhoutte P.M. Endothelial dysfunction and vascular disease - a 30th anniversary update / P.M. Vanhoutte, H. Shimokawa, M. Feletou, E.H. Tang // Acta Physiologia. – 2017.- Vol. 219, Is -1.- P. 22-96. doi: 10.1111/apha.12646.
3. Flammern A.J. The assessment of endothelial function: from research into clinical practice / A. J. Flammern, T. Anderson, D. S. Celermajer et al // Circulation. 2012. -Vol. 126. - P. 753-767. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.093245.
4. Cheng SY, Molecular aspects of thyroid hormone actions / S.Y Cheng, J.L Leonard, P.J Davis. // Endocr Rev.- 2010. – Vol. 31.- P. 139-170. doi: 10.1210/er.2009-0007.
5. Jabbar A, Thyroid hormones and cardiovascular disease / A. Jabbar, A.S. Pingitore, S.H. Pearce et al. // Nature Reviews Cardiology.- 2017. - Vol. 14.- P. 39-55. doi:10.1038/nrcardio.2016.174.
6. Fliers E. Novel neural pathways for metabolic effects of thyroid hormone / E. Fliers, L.P Klieverik, A. Kalsbeek // Trends Endocrinol Metab.- 2010.- Vol. 21. N 4.- P. 230-236. doi: 10.1016/j.tem.2009.11.008.
7. Cai Y, Ren Y, Shi J. Blood pressure levels in patients with subclinical thyroid dysfunction: a meta-analysis of cross-sectional data / Y. Cai, Y. Ren, J. Shi // Hypertens Res. – 2011.- Vol. 34. N 10. - P. 1098-1105. doi: 10.1038/hr.2011.91.
8. Umbrello M, Dyson A, Feelisch M. et al. The key role of nitric oxide in hypoxia: hypoxic vasodilatation and energy supply-demand matching / Umbrello M, Dyson A, Feelisch M. et al. // Antioxid Redox Signal.- 2013.- Vol. 19. N 14. - P. 1690-1710. doi: 10.1089/ars.2012.4979.
9. Beall C.M, Nitric oxide in adaptation to altitude / C.M Beall, D. Laskowski, S.C. Erzurum. // Free. Radic Biol Med.- 2012.- Vol. 52.- P. 1123-1134. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2011.12.028.
10. A global brief on Hypertension. World Health Day 2013. WHO/DCO/WHO 2013.2. – 39 p. www.who.int
11. Нечесова Т.А. Ремоделирование левого желудочка: патогенез и методы оценки / Т.А. Нечесова, И.Ю. Коробко, Н.И. Кузнецова // Медицинские новости.- 2008.- №11.- С. 7-13.
12. Tsikas D. Methods of quantitative analysis of the nitric oxide metabolites nitrite and nitrate in human biological liquids / D. Tsikas // Free Radical Research. - 2005. - Vol. 39. N. 8.-P. 797- 815. doi: 10.1080/10715760500053651.
13. Taddei S. Impaired endothelium-dependent vasodilatation in subclinical hypothyroidism: beneficial effect of levothyroxine therapy / S. Taddei, N. Caraccio, A. Virdis. et al. // J Clin Endocrinol Metab.- 2003.- Vol. 88.- P. 3731-3737. doi: 10.1210/jc.2003-030039
14. Davis P.J. Nongenomic actions of thyroid hormone // P.J. Davis, F. Goglia, J.L. Leonard // Nature Reviews Endocrinology. - 2016.- Vol. 12.- P. 111-121. doi: 10.1038/nrendo.2015.205.
15. Brent G.A. Mechanisms of thyroid hormone action / G.A. Brent // J Clin Invest.- 2012.- Vol. 122.- P. 3035-3043. doi: 10.1172/JCI60047.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Lupinskaya Z.A. Ehndotelij. Funkciya i disfunkciya. [Endothelium. Function and dysfunction] / Z.A. Lupinskaya, A.G.Zarif'yan, T.C. Gurovich, S.G. Shlejfer.- Bishkek: KRSU im. B.N. El'cina.- 2008. - 373 p. [in Russian]
2. Vanhoutte P.M. Endothelial dysfunction and vascular disease - a 30th anniversary update / P.M. Vanhoutte, H. Shimokawa, M. Feletou, E.H. Tang // Acta Physiologia. – 2017.- Vol. 219, Is -1.- P. 22-96. doi: 10.1111/apha.12646.
3. Flammern A.J. The assessment of endothelial function: from research into clinical practice / A. J. Flammern, T. Anderson, D. S. Celermajer et al // Circulation.- 2012. -Vol. 126.- P. 753-767. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.112.093245.
4. Cheng S.Y. Molecular aspects of thyroid hormone actions / S.Y. Cheng, J.L. Leonard, P.J. Davis. // Endocr Rev.- 2010. – Vol. 31.- P. 139-170. doi: 10.1210/er.2009-0007.
5. Jabbar A, Thyroid hormones and cardiovascular disease / A. Jabbar, A.S. Pingitore, S.H. Pearce et al. // Nature Reviews Cardiology.- 2017. - Vol. 14.- P. 39-55. doi:10.1038/nrcardio.2016.174.
6. Fliers E. Novel neural pathways for metabolic effects of thyroid hormone / E. Fliers, L.P Klieverik, A. Kalsbeek // Trends Endocrinol Metab.- 2010.- Vol. 21. N 4. - P. 230-236. doi: 10.1016/j.tem.2009.11.008.
7. Cai Y, Ren Y, Shi J. Blood pressure levels in patients with subclinical thyroid dysfunction: a meta-analysis of cross-sectional data / Y. Cai, Y. Ren, J. Shi // Hypertens Res. – 2011.- Vol. 34. N 10.- P. 1098-1105. doi: 10.1038/hr.2011.91.
8. Umbrello M, Dyson A, Feelisch M. et al. The key role of nitric oxide in hypoxia: hypoxic vasodilatation and energy supply-demand matching / Umbrello M, Dyson A, Feelisch M. et al. // Antioxid Redox Signal.- 2013.- Vol. 19. N 14.- P.1690-1710. doi: 10.1089/ars.2012.4979.
9. Beall C.M, Nitric oxide in adaptation to altitude / C.M Beall, D. Laskowski, S.C. Erzurum. Free. Radic Biol Med. - 2012.- Vol. 52.- P. 1123-1134. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2011.12.028.
10. A global brief on Hypertension. World Health Day 2013. WHO/DCO/WHO/ 2013.2. – 39 p. www.who.int
11. Nechesova T.A. Remodelirovanie levogo zhe-ludochka: patogenez i metody ocenki. [Remodeling of the left ventricle: pathogenesis and evaluation methods] /T.A. Nechesova, I.YU. Korobko, N.I. Kuznecova // Medicinskie novosti – 2008.- № 11. - P. 7-13. [in Russian].
12. Tsikas D. Methods of quantitative analysis of the nitric oxide metabolites nitrite and nitrate in human biological liquids / D. Tsikas // Free Radical Research.- 2005.- Vol. 39. N 8.- P. 797- 815. doi: 10.1080/10715760500053651.

13. Taddei S. Impaired endothelium-dependent vasodilatation in subclinical hypothyroidism: beneficial effect of levothyroxine therapy / S. Taddei, N. Caraccio, A. Virdis. et al. // J Clin Endocrinol Metab.- 2003.- Vol. 88.- P. 3731-3737. doi: 10.1210/jc.2003-030039
14. Davis P.J. Nongenomic actions of thyroid hormone // P.J. Davis, F. Goglia, J.L. Leonard. // Nature Reviews Endocrinology.- 2016.- Vol. 12.- P. 111-121. doi: 10.1038/nrendo.2015.205.
15. Brent G.A. Mechanisms of thyroid hormone action / G.A. Brent // J Clin Invest.- 2012.- Vol. 122.- P. 3035-3043. doi: 10.1172/JCI60047.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.091>Войтович В.В.<sup>1</sup>, Колотилова М.Л.<sup>2</sup><sup>1</sup>Врач офтальмолог УКБ №4 КДЦ КДО №2, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)<sup>2</sup>Доктор медицинских наук, доцент

ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)

**ЛЕЧЕБНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ДИАБЕТИЧЕСКОЙ РЕТИНОПАТИИ****Аннотация**

Впервые нами было выявлено положительное влияние применения орота магния – препарата магнерот на состояние вен глазного дна у пациентов с гиперлипидемией, сочетавшейся с диабетической ретинопатией при сахарном диабете первого и второго типов, были выявлены признаки улучшения микроциркуляции глазного дна. Было установлено снижение уровня глюкозы, гликозилированного гемоглобина, общего холестерина на фоне приема препарата. Было определено незначительное увеличение уровня магния у исследуемой группы пациентов. Была проанализирована возможность применения орота магния - препарата магнерот в качестве лечебной профилактики диабетической ретинопатии у пациентов с гиперлипидемией.

**Ключевые слова:** диабетическая ретинопатия, оротат магния, магнерот, лечебная профилактика.

Voitovich V.V.<sup>1</sup>, Kolotilova M.L.<sup>2</sup><sup>1</sup>Doctor Ophthalmologist at University Hospital No.4 Clinical Diagnostic Department of Consultation and Diagnostic Clinic No.2, FSAEI I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)<sup>2</sup>MD, Associate Professor

FSAEI I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University)

**THERAPEUTIC PREVENTIVE MEASURES OF DIABETIC RETINOPATHY****Abstract**

We have discovered a positive effect of the use of magnesium orotate, a drug of magnerot, on the state of veins of the eye fundus of patients with hyperlipidemia combined with diabetic retinopathy with type 1 and 2 diabetes. There were signs of improvement in the microcirculation of the fundus. There was a decrease in the level of glucose, glycosylated hemoglobin, and total cholesterol against the background of taking the drug. A slight increase in the magnesium level was found in the study group of patients. The possibility of using magnesium orotate, a drug of magnerot, as a curative preventive measure of diabetic retinopathy of patients with hyperlipidemia was analyzed.

**Keywords:** diabetic retinopathy, magnesium orotate, magnerot, curative preventive measures.

Диабетическая офтальмопатия характеризуется поражением зрительных нервов, гликолизированием кристаллов хрусталика, микроангиопатией. Микроангиопатия преимущественно проявляется в сосудистой оболочке и сетчатке глаза и характеризуется новообразованием сосудов, микроаневризмами, кровоизлияниями (пролиферативная ретинопатия) [1]. Диабетическая ретинопатия является наиболее частой причиной новых случаев слепоты среди взрослых лиц в возрасте от 20 до 74 лет [2].

Магний – универсальный регулятор биохимических и физиологических процессов в организме: он участвует в энергетическом, пластическом и электролитном обмене [3]. В связи с этим нами был впервые исследован магнийсодержащий препарат магнерот у больных с гиперлипидемией и дислипидемией, сочетавшимися с диабетической ретинопатией при сахарном диабете первого и второго типов.

**Цель исследования** - проведение лечебной профилактики диабетической ретинопатии пациентов с гиперлипидемией с изучением механизмов терапевтического эффекта орота магния - препарата магнерот.

**Материалы и методы исследования.** Исследование было проведено на 20 пациентах (40 глаз), страдающих сахарным диабетом первого и второго типов, в возрасте от 18 до 75 лет. Пациенты были разделены на две группы: первая группа - пациенты, не получавшие терапию препаратом магнерот, вторая группа - пациенты, получавшие терапию препаратом магнерот в дозе 500 мг трехкратно в сутки в течение 30 дней.

Уровень глюкозы крови был определен по методу Хагедорна - Йенсена, уровень гликозилированного гемоглобина - методом ионообменной хроматографии, уровень магния крови - методом абсорбции с ксилидином синим на автоанализаторе, уровень общего холестерина - энзиматическим колориметрическим методом [4] до начала лечения препаратом магнерот и через 30 дней приема препарата. Офтальмоскопия с фоторегистрацией тканей глазного дна была проведена при помощи фундус – камеры Carl Zeiss pro nm. Калибр вен глазного дна пациентов был определен до начала лечения и через 30 дней приема препарата магнерот. Калибр сосудов был измерен по методике А.А. Тряскова [5]. Были исследованы разветвления центральной вены сетчатки после второй бифуркации, так как микрососуды этой

градации наиболее подвержены патологическим изменениям [6]. Пациентам, не получавшим терапию препаратом магнерот, также были проведены все вышеперечисленные исследования с интервалом в 30 дней. Результаты второй группы были сравнены с результатами первой. Материал был обработан статистически с использованием компьютерных программ на базе процессора электронных таблиц Excel с вычислением критерия Стьюдента и достоверности различий между первой и второй группами. Были вычислены средняя арифметическая взвешенная (М), ошибки средней арифметической (m) и коэффициент достоверности (t). Результат считали достоверным при p менее 0,001.

**Результаты исследования.** У пациентов первой группы уровень глюкозы имел тенденцию к увеличению в конце наблюдения, так в начале наблюдения уровень глюкозы составлял  $7,99 \pm 0,582$  ммоль/л, в конце наблюдения -  $8,15 \pm 0,469$  ммоль/л. Во второй группе пациентов уровень глюкозы практически не изменился: в начале лечения составлял  $7,27 \pm 0,559$  ммоль/л, в конце лечения -  $7,26 \pm 0,926$  ммоль/л (таблица 1). Уровень гликолизированного гемоглобина у пациентов первой группы в начале наблюдения составлял  $8,60 \pm 0,107$  %, в конце наблюдения -  $8,57 \pm 0,137$  %, то есть остался практически без изменений. Уровень гликолизированного гемоглобина у пациентов второй группы имел тенденцию к снижению, так до начала лечения он составлял  $7,07 \pm 0,632$  %, в конце лечения -  $6,76 \pm 0,451$  %, однако разница недостоверна (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика изменения уровней глюкозы, гликолизированного гемоглобина у больных 1 и 2 групп

№	Группы больных	Глюкоза ммоль/л		Гликолизированный гемоглобин %	
		В начале наблюдения M $\pm$ m; t; p	В конце наблюдения M $\pm$ m; t; p	В начале наблюдения M $\pm$ m; t; p	В конце наблюдения M $\pm$ m; t; p
1	n=10 1 группа	$7,99 \pm 0,582$	$8,15 \pm 0,469$ t=0,833	$8,60 \pm 0,107$	$8,57 \pm 0,137$ t=0,865
2	n=10 2 группа	$7,27 \pm 0,559$	$7,26 \pm 0,926$ t=0,992	$7,07 \pm 0,632$	$6,76 \pm 0,451$ t=0,694

В сыворотке крови здоровых лиц содержание магния составляет 0,65 - 1,1 ммоль /л [7]. По нашим данным, уровень магния в сыворотке крови в первой группе пациентов в начале наблюдения составил  $0,73 \pm 0,036$  ммоль /л, а в конце наблюдения -  $0,809 \pm 0,056$  ммоль /л. Во второй группе пациентов уровень магния составил  $0,868 \pm 0,046$  ммоль /л в начале лечения,  $0,952 \pm 0,114$  ммоль /л - в конце лечения, однако увеличение уровня магния недостоверно (таблица 2). Уровень общего холестерина в сыворотке пациентов первой группы до начала исследования составлял  $4,556 \pm 0,256$  ммоль/л, в конце исследования -  $4,497 \pm 0,279$  ммоль/л (таблица 2). Уровень общего холестерина у пациентов второй группы имел тенденцию к снижению, так в начале лечения составлял  $4,631 \pm 0,592$  ммоль/л, в конце лечения -  $3,967 \pm 0,314$  ммоль/л, однако снижение уровня общего холестерина недостоверно (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика изменения уровней магния, общего холестерина у больных 1 и 2 групп

№	Группы больных	Магний ммоль/л		Общий холестерин ммоль/л	
		В начале наблюдения M $\pm$ m; t; p	В конце наблюдения M $\pm$ m; t; p	В начале наблюдения M $\pm$ m; t; p	В конце наблюдения M $\pm$ m; t; p
1	n=10 1 группа	$0,73 \pm 0,036$	$0,809 \pm 0,056$ t=0,254	$4,556 \pm 0,256$	$4,497 \pm 0,279$ t=0,878
2	n=10 2 группа	$0,868 \pm 0,046$	$0,952 \pm 0,114$ t=0,504	$4,631 \pm 0,592$	$3,967 \pm 0,314$ t=0,335

Калибр вен глазного дна оставался неизменным в конце наблюдения у пациентов первой группы: так в начале наблюдения он составлял  $4,66 \pm 0,103$  условных единиц и в конце наблюдения -  $4,66 \pm 0,103$  условных единиц (таблица 3). У пациентов второй группы калибр вен глазного дна достоверно уменьшился, так в начале лечения он составил  $4,67 \pm 0,081$  условных единиц, а в конце лечения -  $4,11 \pm 0,128$  условных единиц (таблица 3).



Таблица 3 – Динамика изменений калибра вен сетчатки у больных 1 и 2 групп

№	Группы больных	Вены глаз Условных единиц	
		В начале наблюдения $M \pm m; t; p$	В конце наблюдения $M \pm m; t; p$
1	n=10 1 группа	4,66 $\pm$ 0,103	4,66 $\pm$ 0,103
2	n=10 2 группа	4,67 $\pm$ 0,081	4,11 $\pm$ 0,128 $p < 0,001$

У пациентов первой группы в начале и в конце наблюдения и у пациентов второй группы в начале лечения, мы наблюдали наличие микроаневризм, геморрагий, извитость вен, неравномерность калибра сосудов (рис. 1).



Рис. 1 – Фотография сетчатки глаза пациентки до лечения

У пациентов второй группы после лечения препаратом магнерот микроаневризм и геморрагий обнаружено не было, калибр вен уменьшился, уменьшилось полнокровие и извитость вен (рис. 2).

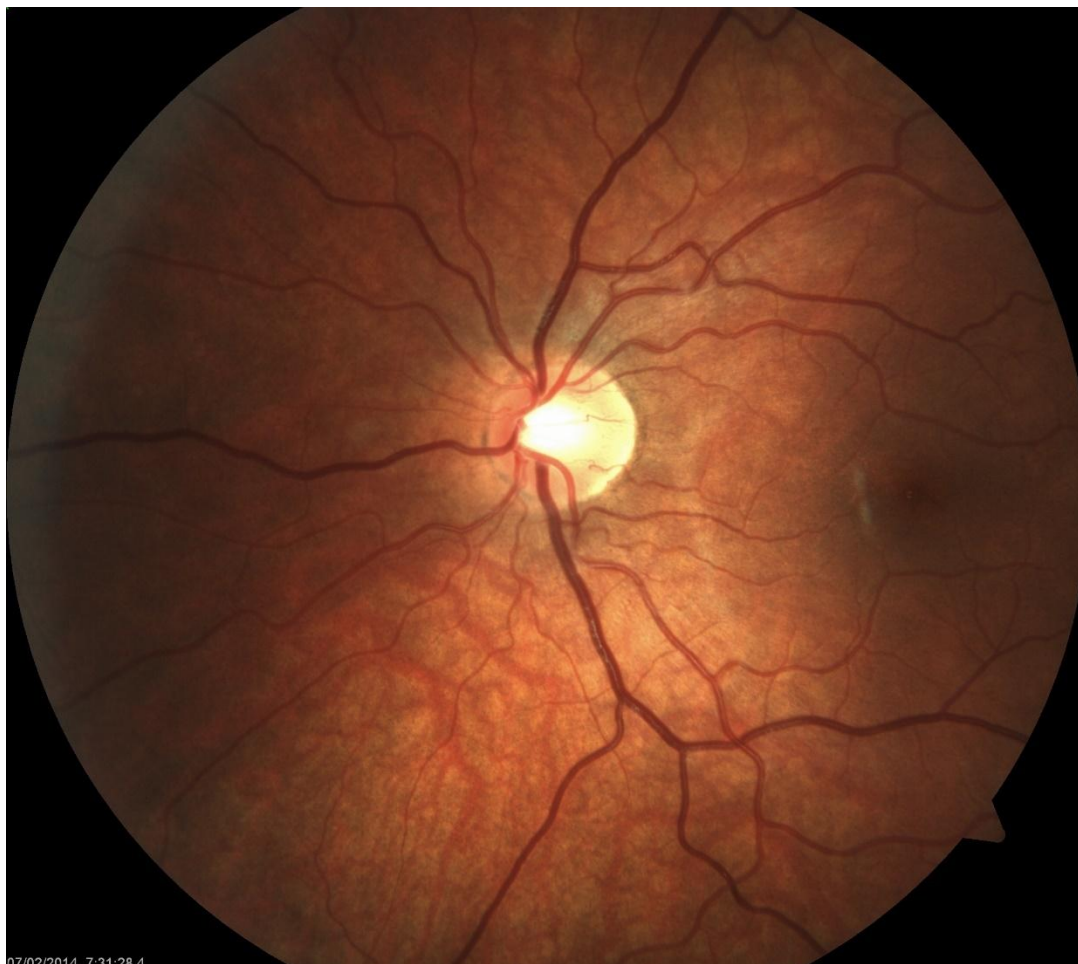


Рис. 2 – Фотография сетчатки глаза пациентки после лечения

Выводы. Мы считаем, что основными механизмами лечебного эффекта больных данным препаратом являются:

1. Снижение уровня глюкозы и холестерина.
2. Улучшения кровообращения, улучшение снабжения ткани сетчатки кислородом, а сетчатка является одним из чувствительных органов к гипоксии.
3. Снижение процесса пролиферации, приводящей к снижению эксудации жидкости на сетчатку.
4. Снижение процесса набухания нервных терминалий и восстановление нервной регуляции кровоснабжения сетчатки.
5. Снижение процесса кальцификации стенок сосудов леченых пациентов, так как магний снижает транспорт кальция в ткани, в том числе в стенки сосудов.
6. Активация ферментов, участвующих в клеточном метаболизме, особенно белков и углеводов.

#### Список литературы / References

1. Юшков П.В. Сахарный диабет. Классификация, этиология, патогенез, клинко-морфологическая характеристика / П.В Юшков // Патология. [Курс лекций под редакцией Пальцева М.А.]. - М.: Медицина, - 2007. - Т. 2. - С. 629-635. - 3000 экз. - ISBN 5-225-03896-4.
2. Смирнова О.М. Диабетическая ретинопатия. Результаты международных многоцентровых исследований / О.М. Смирнова // Сахарный диабет. - 2010. - №1. - С. 80-87.
3. Школьников М.А., Чупрова С.Н., Калинин Л.А., Березницкая В.В., Абдулатипова И.В. Метаболизм магния и терапевтическое значение его препаратов / М.А. Школьников, С.Н. Чупрова, Л.А. Калинин, В.В. Березницкая, И.В. Абдулатипова // М.: Медпрактика - М. - 2002. - 27 с.
4. Лелевич С.В., Курстак И.А., Гриневич Т.Н., Воробьев В.В. Основы клинической биохимии / С.В. Лелевич, И.А. Курстак, Т.Н. Гриневич, В.В. Воробьев. - Гродно. ГрГМУ, 2013. - 184 с. - 99 экз. - ISBN 978-985-558-234-3.
5. Балашевич Л.И. Оптические абберации глаза: диагностика и коррекция / Л.И. Балашевич // Окулист. - 2001. - № 22(6). - С. 12-15.
6. Борисова С.А. Ультразвуковая доплерография в офтальмологии / С.А. Борисова // Вестник офтальмологии. - 1997. - №113(6). - С. 43-45.
7. Литвицкий П.Ф. Патофизиология: в 2 т. / П.Ф. Литвицкий. Т. 1. М.: «ГЭОТАР – Медиа». - 2015. - 623 с. - 2000 экз. - ISBN 978-5-9704-3178-8.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Jushkov P.V. Saharnyj diabet. Klassifikacija, jetiologija, patogeneze, kliniko-morfologičeskaja harakteristika [Diabetes. Classification, etiology, pathogenesis, clinical and morphological characteristics. Patologija. [Kurs lekcij pod redakcij Pal'ceva M.A.] [Pathology. A course of lectures under the editorship of Paltsev M.A.]. - M. : «Medicina». - 2007. - V. 2. - P. 629-635. [in Russian]

2. Smirnova O.M. Diabetic retinopathy. The results of an international multicenter research. Saharnyj diabet [Diabeticheskaja retinopatija. Rezul'taty mezhdunarodnyh mnogocentrovnyh issledovanij]. 2010. №1. P. 80-87. [in Russian]
3. Shkolnikova M.A., Chuprova S.N., Kalinin L.A., Bereznickaja V.V., Abdulatipova I.V. Metabolizm magnija i terapevтиchesкое значение ego preparatov [Metabolism of magnesium and therapeutic value his drugs]. M/. Medpraktika - M. 2002. - 27 p. [in Russian]
4. Lelevich S.V., Kurstak I.A., Grinevich T.N., Vorobev V.V. Osnovy klinicheskoy biohimii [Fundamentals of clinical biochemistry]. Grodno. GrGMU. 2013. - 184 p. [in Russian]
5. Balashevich L.I. Opticheskie aberracii glaza: diagnostika i korrekciya [Optical aberrations of the eye: diagnosis and correction] // Oculist. 2001. № 22(6). P. 12–15. [in Russian]
6. Borisova S.A. Ul'trozvukovaja doplerografija v oftal'mologii [Ultrasonic dopplerography in ophthalmology]. Vestnik oftal'mologii [Herald of Ophthalmology.]. 1997. №113(6). P. 43-45. [in Russian]
7. Litvickij P.F. Patofiziologija [Pathophysiology]. Vol 1. M. : «GJeOTAR – Media». 2015. – 623 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.078>Гасанова Д.А.<sup>1</sup>, Асметов В.Я.<sup>2</sup>, Искендеров В.Г.<sup>3</sup>, Гасанова З.З.<sup>4</sup><sup>1</sup>ORCID-0000-0002-9626-8997, кандидат медицинских наук, доцент кафедры фармакологии, Азербайджанский Медицинский Университет,<sup>2</sup>Доктор медицинских наук, профессор кафедры фармакологии, Азербайджанский Медицинский Университет,<sup>3</sup>Кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры фармацевтической химии, Азербайджанский Медицинский Университет,<sup>4</sup>Студент, Южно-Калифорнийский Университет, Лос Анжелес, Калифорния, США**СНИЖЕНИЕ АКТИВНОСТИ ТРАНСАМИНАЗ СУММАРНЫМ ЭКСТРАКТОМ ФИТОКОМПОЗИЦИИ ПРИ ТОКСИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ ПЕЧЕНИ****Аннотация**

Целью данного исследования является провести коррекцию суммой экстрактов Фитокомпозиции №1+Phyto F (Ph №1+ Phyto F) повышенной активности трансаминаз, свидетельствующих о некротических изменениях в печени с выходом ферментов в кровяное русло, в условиях токсического гепатита. Ph №1+Phyto F вводили per os ежедневно в течение 10 и 20 дней после воспроизведения патологии. Параллельно, для сравнения, проведена серия лечения препаратом Эссенциале форте Н (ЭФН). В контрольной серии у животных во всех пробах отмечалась четкая картина повышения активности печеночных ферментов, подтверждающая развитие синдрома цитолиза. После курсов лечения исследовалась активность ферментов сыворотки крови: аланинаминотрансфераза (ALT), аспартат-аминонотрансфераза (AST) и щелочная фосфатаза (ALP), лактатдегидрогеназа (LDG), гамма-глутамилтрансфераза (γ-GT).

Результаты. Воздействие фитокомпозиции вызвало достоверное снижение активности ферментов и фермента гепатобилиарной системы - щелочной фосфатазы. Коэффициент отклонения от контролей (КОК) показателей активности ферментов печени, свидетельствует об уменьшении повреждения гепатоцитов, а также об эффективности, применяемой Ph№1+PhytoF. Результаты сравнительных анализов, при лечении (ЭФН), также показали достоверную фармакологическую эффективность применяемой Фитокомпозиции №1+ Phyto F. Для определения качественного состава Ph №1+Phyto F был использован метод спектрофотометрии [4]. Установлено совпадение максимумов поглощения рабочего и стандартного растворов, что свидетельствует о возможном наличии в испытуемом Ph №1+ Phyto F эссенциальных фосфолипидов. Применение Ph №1+Phyto F предупреждает формирование гиперферментемии практически с полным восстановлением изучаемого показателя к концу третьей недели наблюдения. По результатам анализа абсолютных величин, вычисление коэффициента гепатопротекторной активности (КГА), также подтверждает, что Ph №1+Phyto F обладает гепатопротекторной активностью.

**Ключевые слова:** токсический гепатит, активность трансаминаз, КОК, КГА.Gasanova D.A.<sup>1</sup>, Asmetov V.Ya.<sup>2</sup>, Iskenderov V.G.<sup>3</sup>, Gasanova Z.Z.<sup>4</sup><sup>1</sup>ORCID-0000-0002-9626-8997, MD, Associate Professor of the Department of Pharmaceutics, Azerbaijan Medical University,<sup>2</sup>MD, Professor of the Department of Pharmaceutics, Azerbaijan Medical University,<sup>3</sup>PhD in Pharmaceutics, Associate Professor of the Department of Pharmaceutical Chemistry, Azerbaijan Medical University,<sup>4</sup>Student of Southern California University, Los Angeles, California, USA**DECREASE OF TRANSAMINASE ACTIVITY BY THE TOTAL EXTRACT OF PHYTOCOMPOSIS IN CASES OF LIVER TOXIC DAMAGE****Abstract**

The aim of this study is to conduct the correction of the amount of extracts of Phytocomposition No.1+Phyto F (Ph No.1+Phyto F) with increased activity of transaminases, indicating necrotic changes in the liver with the release of enzymes into the bloodstream under the conditions of toxic hepatitis. Ph No.1+Phyto F was administered per os daily for 10 and 20 days after the reproduction of the pathology. At the same time, a series of treatments with Essentiale Forte N (EFN) was carried out for comparison. In the control series, the animals in all samples showed an increase in the activity of liver enzymes, confirming the development of cytolysis syndrome. After the treatment courses, the activity of serum enzymes was investigated: Alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST) and alkaline phosphatase (ALP), lactate dehydrogenase (LDG), gamma-glutamyltransferase (γ-GT).

*Results. The effect of the phytocomposition caused a significant decrease in the activity of enzymes and the enzyme of the hepatobiliary system – alkaline phosphatase. The deflection from control coefficient of liver enzymes activity indices indicates a decrease in hepatocyte damage, as well as the effectiveness of PhNo.1+PhytoF. The results of comparative analyzes, during treatment also showed significant efficiency of the Phytocomposition No.1+Phyto F. Phosphorometric spectrophotometry was used to determine the qualitative composition of Ph No.1+Phyto F [4]. The coincidence of the absorption maxima of the working and standard solutions was found, which indicates possible presence of essential phospholipids in the Ph No.1+Phyto F tested. The use of Ph No.1+Phyto F prevents the formation of hyperfermentation with almost complete recovery of the studied indicator at the end of the third week of observation. Based on the results of the analysis of cessation values, the calculation of coefficient of hepatoprotective activity also confirms that Ph No.1+Phyto F has hepatoprotective activity.*

**Keywords:** toxic hepatitis, transaminase activity, deflection from control coefficient, coefficient of hepatoprotective activity.

**Введение.** По данным ВОЗ за последние 25 лет в мире наблюдается тенденция к росту числа заболеваний печени, сопровождающейся высокой смертностью населения. На сегодня насчитывается более 2,5 млрд. человек. Этому способствовало резкое увеличение уровня вирусного и токсического гепатита, связанного с алкогольными, медикаментозными повреждениями печени, а также неалкогольной жировой дистрофии печени [12]. Обезвреживание нашего организма от промышленных и бытовых ядов, алкоголя, токсических доз лекарственных веществ, некачественных продуктов питания и др., принадлежит печени. В механизме токсического повреждения печени лежит возникновение свободных радикалов. Избыток свободных радикалов, индуцирует аномальную активацию ПОЛ в биологических мембранах гепатоцитов, что приводит к изменению и уменьшению гидрофобности липидного слоя мембран. Активация ПОЛ ведет к нарушению белково-липидных взаимосвязей, ингибированию активности ферментов и другим серьезным нарушениям, вплоть до гибели печёночных клеток. Антиоксидантная система принимает непосредственное участие в молекулярных механизмах адаптации при поражении печени. В условиях токсического повреждения печени крыс тетрахлорметаном, отмечается снижение активности глутатионпероксидазы, изменение содержания восстановленного глутатиона, содержание которого может быть как сниженным так и повышенным, что индуцирует ПОЛ и способствует прогрессированию процесса повреждения гепатоцитов [16], [21], [22].

Распространённость токсических гепатитов, рост хронических форм болезни, а также омоложение групп больных, снижение трудоспособности, определяют многогранность проблемы [29] поиска эффективных, не токсичных средств растительного и биологического происхождения, оказывающих гепатопротекторное действие. Фиброзирование ткани печени, избыточная активация перекисного окисления липидов, сопровождается истощением антиоксидантной защиты, нарушением углеводного, белкового и др. видов обмена [13], [14], [23], [27]. Учитывая эти обстоятельства, в состав суммарного экстракта PhNo1+PhytoF были включены, изученные нами ранее экстракты из лекарственных растений, обладающих АО, антирадикальной активностью [17], восстанавливающих белковый обмен [30]. Однако, механизмы реализации патологических процессов в клетках печени, различными препаратами выяснены не достаточно [24] и не всегда отвечают требованиям в медицинской практике [20], а также вызывают множество побочных эффектов: диспепсию, озноб, головные боли, слабость, миалгии, лейкопению, тромбоцитопению, тиреотоксикоз и др. [19]. В связи с возрастающим уровнем заболеваемости вирусным гепатитом, хроническим гепатитом и гепатозом, а также с гепатотоксичностью лекарственных средств ведётся постоянный поиск новых малотоксичных средств растительного происхождения [11], [15], [25], [26], [28]. В настоящее время, для лечения печёночной патологии используются Эссенциале, Гептрал, Липофен, растительного происхождения Силибинин (силибор, легалон), содержащий активные вещества расторопши пятнистая, обладающая гепатопротекторной активностью, а также Гепабене, содержащий экстракты из дымянки лекарственной и плодов расторопши пятнистой, обладающий желчегонным и гепатопротекторным действием и др. [18]. Горбаков В. В. и др. (1998) отмечали, что Гептрал активен в отношении гипоксии и оксидантного стресса при циррозе печени. Его активным компонентом является адеметионин, выполняющий важную реакцию трансметилирования и синтеза фосфолипидов [9]. Препаратом, содержащим эссенциальные фосфолипиды (EPL), ненасыщенные жирные кислоты и витамины B1, B2, B6, B12, PP, E является препарат Эссенциале, применяемый при заболеваниях печени. Ушакова Е. А. [8] отмечает, что терапевтический эффект обеспечивают “эссенциальные” фосфолипиды, а не витамины, входящие в его состав [8]. Поэтому, в настоящее время предпочтение отдаётся препарату Эссенциале форте Н, однокомпонентному препарату, содержащему EPL без витаминов [2], основным механизмом, которого является восстановление клеточных механизмов печени. Фосфадитилхолин, выделенный из сои и входящий в состав препарата липофен, исследовали при гепатитах, вызванных этанолом и CCl4. Препарат проявил высокую антиоксидантную активность и улучшал функциональную активность микросом печени при гепатите [3]. Исследованиями [Тауки А.Н. и др] препаратов Фосфоглив, Эссенциале, Глицеризиновой кислоты, отвара корня Солодки, Ликвиритон авторы пришли к заключению, что комбинация эссенциальных фосфолипидов и глицеризиновой кислоты показали существенно более значительную гепатопротекторную активность, чем компоненты этой комбинации в отдельности.

После медикаментозного лечения активным и токоферолом токсического гепатита наилучший результат был получен при сочетании их применении. При этом устранялась активность аланинаминотрансферазы (ALT) и аспаратаминотрансферазы (AST), нормализовалось содержание билирубина [1]. С 1998 года в при лечении многих заболеваний и в частности гепатитов, наблюдается тенденция к комплексной терапии [6].

Таким образом, особую актуальность приобретает изыскание и разработка безопасных, комбинированных высокоэффективных гепатопротекторов с оптимальными фармакологическими свойствами, а также создание удобной для приёма лекарственной формы. К такого рода лекарственным формам относятся настои, настойки, экстракты издавна применяемые в научной и народной медицине.

Нами, путём фармакологического поиска [10], [17], [11], [30] подобраны те лекарственные растения, которые были малотоксичными, биологически активны, оказывали антигипоксантное, антиоксидантное, адаптогенное действия, а также показали себя как антирадикальные гасители активной формы кислорода (АФК) [17]. В сумму экстрактов Ph №1+Phyto F, входят растения, имеющие в своем составе флавоноиды, рутин, эссенциальные фосфолипиды, глицеризиновую кислоту, витамины, А, Е, С, а также инулин. Учитывая эти данные, интерес представили следующие экстракты из лекарственных растений: *Agrimonia Eupatoria* L., *Artemisia absinthium* L., *Cichorium intybus* L., *Humulus lupulus* L., *Salvia off.* L., *Echinops Ritro* L., *Glycyrrhiza glabra* L., *Sambucus nigra*, *Thymus* L., *Green tea*, *Herakleum* L., *Fumaria off.*, *Calamagrostis epigejos*, *Dischampsia caespitosa*,

*Alfalfa*, *Paleurus Spina christa*.

В отдельности многие из растений, входящих в фитокомпозицию,

применяются в народной медицине Азербайджана, России, немецкой народной медицине, Средней Азии, Корчаево-Черкесии, Китае, Иране, Украине и многих других странах при болезнях печени, желчного пузыря, желтухе и других заболеваниях желудочно-кишечного тракта [Махлаюк В. П. (1992,1993); Соколов С. Я., Замотаев И. П. (1990); Дамиров И. А., Прилипко Л. И., Шукуров Д. З. (1989)].

Целью данного исследования явился тот факт, что большое количество лекарственных растений, представляющих интерес в лечебной практике и широко используемых в народной медицине многих народностей, не имеют научного обоснования в области терапии. В связи с чем, поставлена задача: 1. Исследовать воздействие суммарного экстракта Фитокомпозиции №1 + Phyto F (Ph №1 + Phyto F) на активность трансаминаз при токсическом повреждении печени; 2. Рассмотреть его фармакологические и биохимические спектры действия на функциональное состояние гепатоцитов; 3. Сравнить гепатопротекторную активность Ph №1 + Phyto F с известным препаратом Эссенциале форте Н (ЭФН); 4. Определить коэффициент отклонения от контроля (КОК) Ph №1 + Phyto F и ЭФН; 5. Определить коэффициент гепатопротекторной активности (КГА) Ph №1 + Phyto F и ЭФН; 6. Оценить антиоксидантные свойства исследуемых средств; 7. Сопоставить, изучаемые средства, по фармакологической активности.

Материалы и методы исследования. Исследования выполнены на 42 кроликах рода шиншиллы обоего пола, массой 2,0 – 2,5 кг. Животные находились в условиях вивария, получали стандартное питание по установленным нормам [5], имели свободный доступ к воде. Экспериментальной моделью служил патологический процесс (токсический гепатит), который развивался у животных при внутримышечном введении четырехлористого углерода в дозе 0,1 мл/кг в равной части соответственно с персиковым маслом в течение 10 дней. Ph №1+Phyto F вводили per os 2мл/кг., ЭФН (в серии для сравнения) (Фармацевтическая компания Наттерман энд.ГмбХ. Германия) per os по 4мг/кг веса кролика. Животным ежедневно вводили, указанные препараты, в течение 10, 20 дней после воспроизведения патологии. До и после курсов лечения в сыворотке крови исследовались показатели ферментов печени: аланинаминотрансферазы (ALT), аспартатаминотрансферазы (AST), щелочной фосфатазы (ALP), лактатдегидрогеназы (LDH), гаммаглутаминотрансферазы (γ-GT)

Эксперименты проводились в 6 сериях. В каждую серию входило по 7 кроликов:

I-серия интактные животные, которым per os давали пить в соответствующем объеме воду для инъекций;

II-серия животных, которым воспроизводился токсический гепатит;

III-серия животных с токсическим гепатитом, получавших Ph №1+Phyto F в течение 10 дней;

IV-серия животных с токсическим гепатитом, получавших лечение Ph №1+Phyto F в течение 20 дней;

V-серия животных, получавших лечение ЭФН в течении 10 дней;

VI – серия животных, получавших лечение ЭФН в течении 20 дней.

Определение активности ALT, AST, LDH проводили с помощью набора реактивов фирмы «Human» (Германия). Измерение проводили на биохимическом анализаторе STAT FAX - в кювете с толщиной 1 см при длине волны 340 нм.

Определение активности общей ALP проводили с помощью набора реактивов фирмы «Human» (Германия). Принцип определения активности фермента в сыворотке крови основан на способности щелочной фосфатазы катализировать гидролиз р-нитрофенилфосфата до нитрофенола, окрашенного в щелочной среде в желтый цвет и неорганического фосфата. Количество образовавшегося в единице времени р-нитрофенола, который пропорционален активности фермента, определялся по оптической плотности образца при 405 нм.

Определение активности γ-GT проводили с помощью набора реактивов фирмы «Human» (Германия). Измерение проводили на биохимическом анализаторе STAT FAX - в кювете с толщиной 1 см при длине волны 410 нм.

Для определения качественного состава Суммы экстрактов Ph№1+PhytoF использовали метод спектрофотометрии [4]. Для идентификации компонентов водно-спиртового экстракта Ph №1+Phyto F, сняты спектры поглощения в ультрафиолетовом и видимой областях спектра света. Параллельно, в качестве сравнения, использовали раствор стандартного образца ЭФН, содержащего эссенциальные фосфолипиды.

(Продолжаются более глубокие исследования по качественному и количественному составу Ph №1+Phyto F).

Для оценки направления и степени изменений показателей ферментов печени аспартатаминотрансферазы и др. рассчитывали коэффициент отклонения от контроля (КОК) по формуле:

$$КОК = [(AST_{оп} - AST_{и}) / AST_{и}] \times 100\%$$
 (Аналогичные расчеты сделаны для ALT, ALP, LDH, γ-GT).

Где:  $AST_{оп}$  - показатели опытной серии;

$AST_{и}$  - показатели интактной серии. (рис. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10).

Полученные результаты обрабатывали статистически на персональном компьютере на базе процессора Intel Pentium-II с тактовой частотой 900 MHz с использованием стандартного пакета программ «Mathematica V. 5,0». и t критерия Стьюдента.

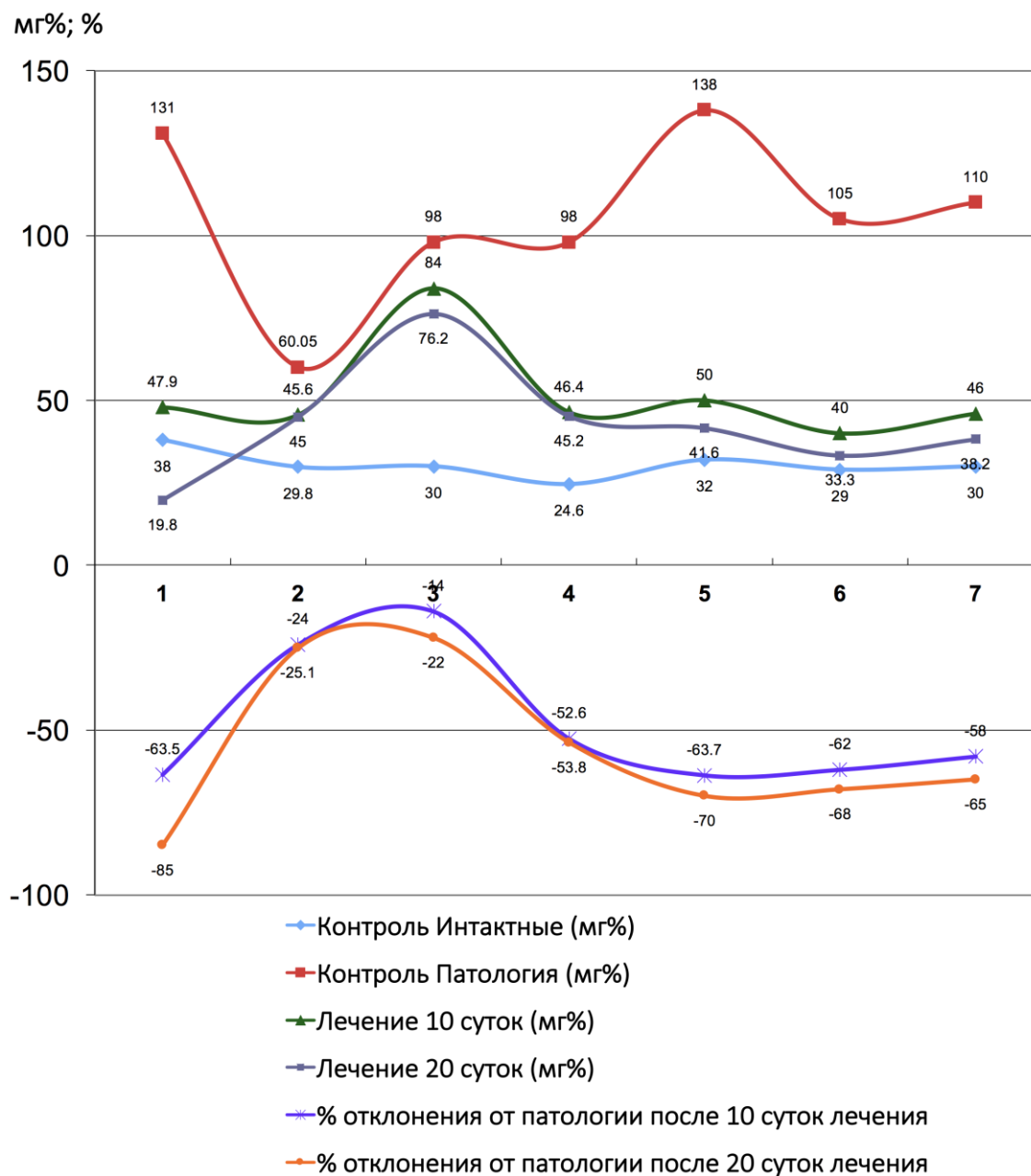


Рис. 1 – Показатели количества аланинаминотрансферазы и коэффициента отклонения от патологии до и после введения Фитокомпозиции № 1+Phyto F при токсическом гепатите у кроликов.  
(1 - 7 порядковые номера животных)



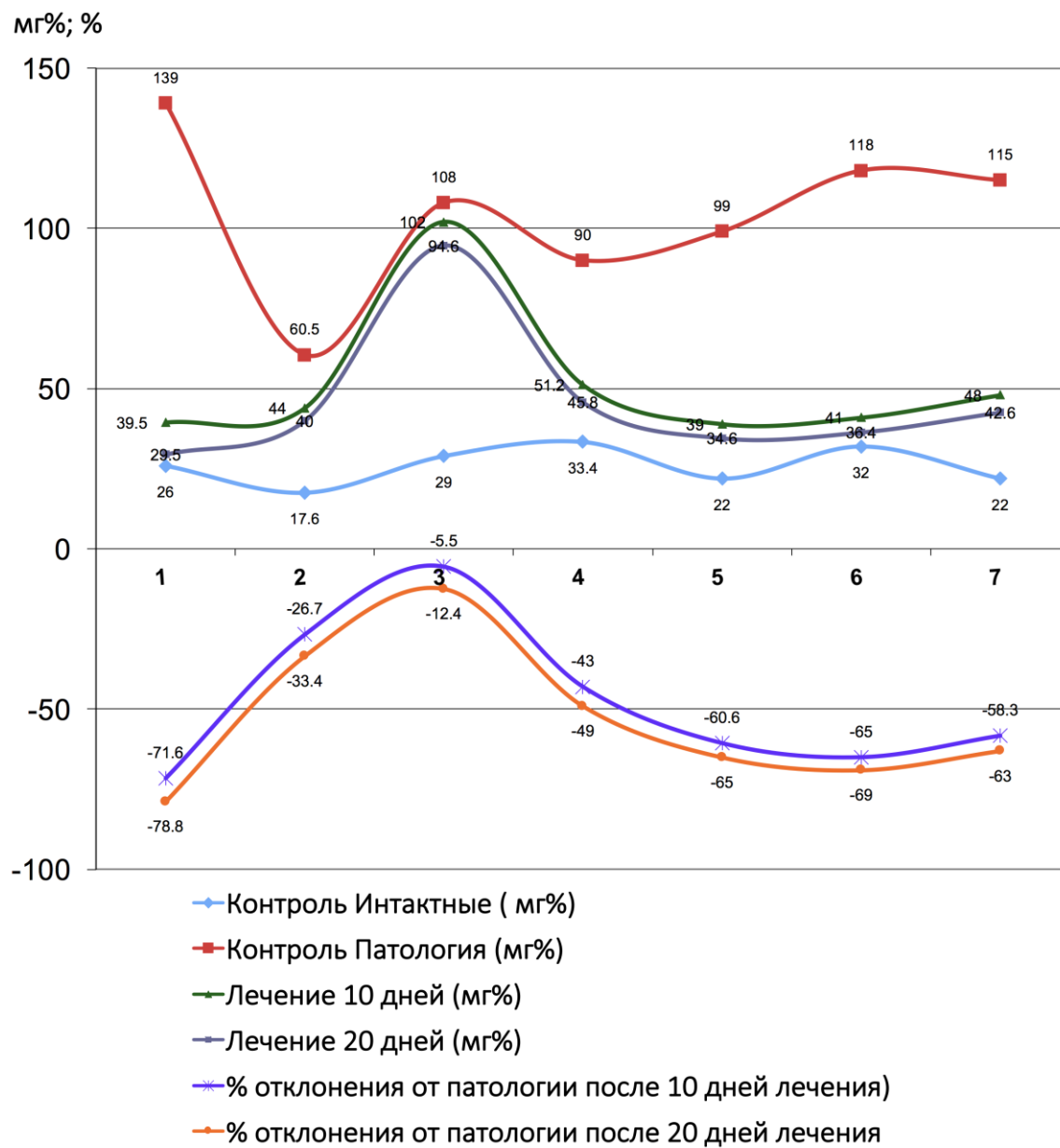


Рис. 2 – Показатели количества аспартатаминотрансферазы и коэффициента отклонения от патологии до и после лечения Фитокомпозицией № 1+Phyto F при токсическом гепатите у кроликов.  
(1 - 7 порядковые номера животных)

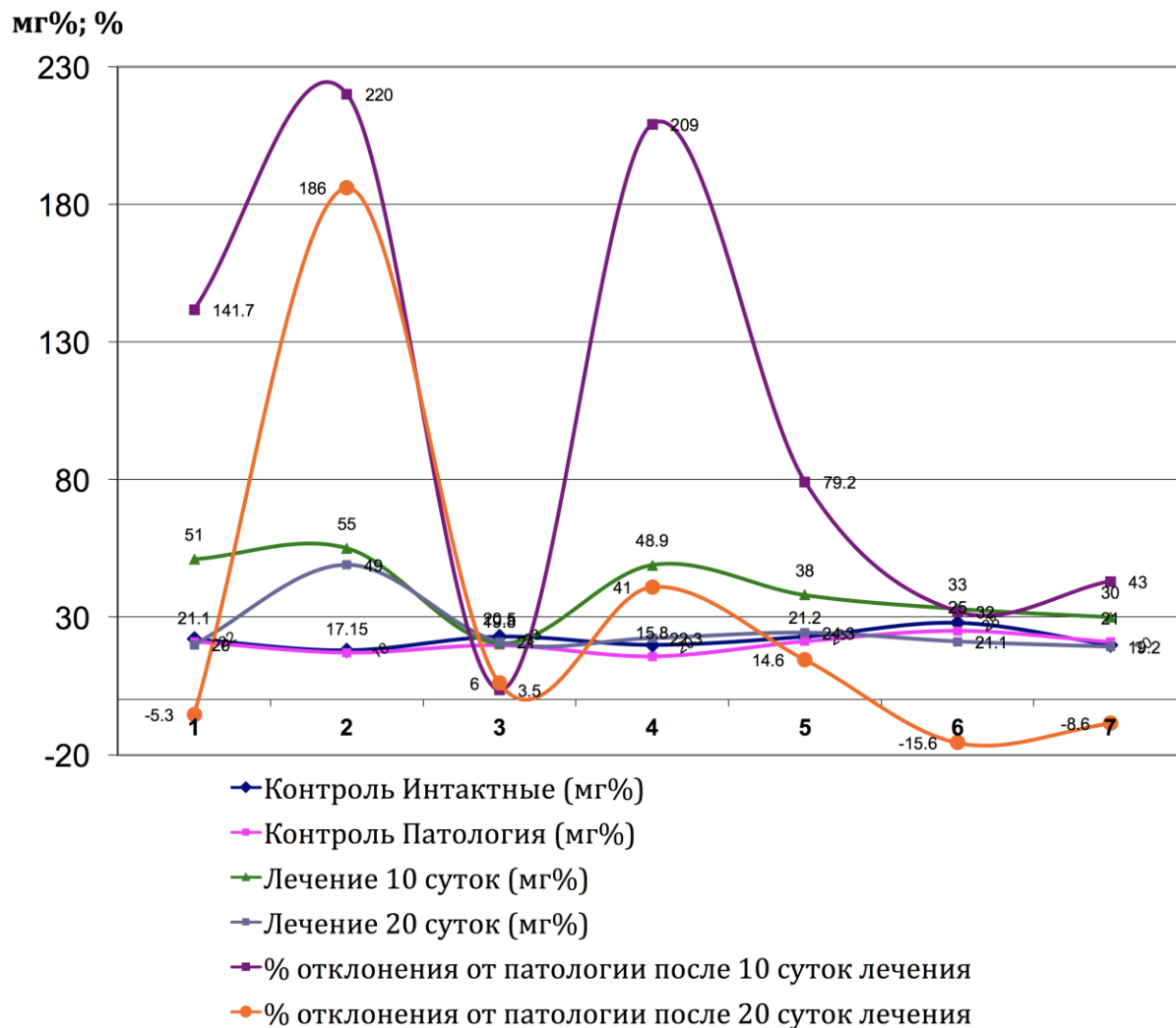
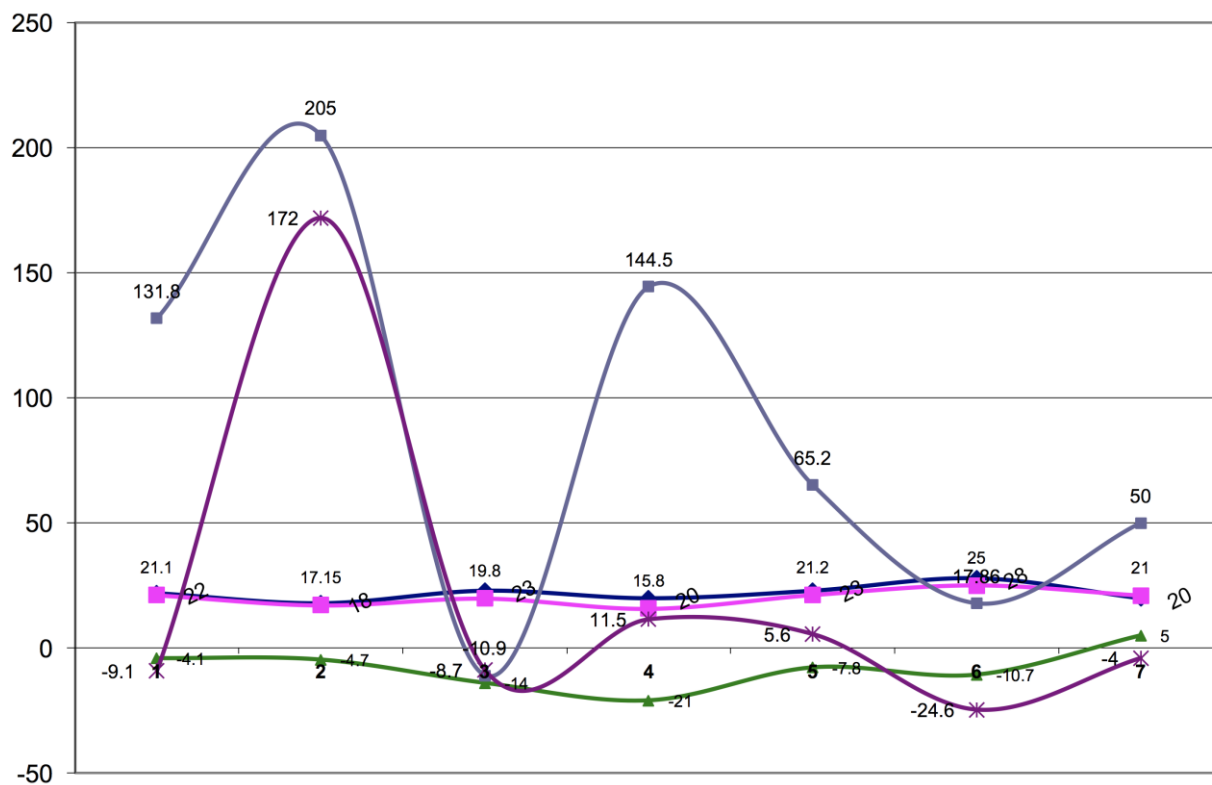


Рис. 3 – Показатели количества гаммаглутаминтрансферазы и коэффициента отклонения от патологии до и после лечения Фитокомпозицией № 1 + Phyto F при токсическом гепатите у кроликов.  
(1 - 7 порядковые номера животных)



мг%; %



◆ Контроль Интактные (мг%)

◆ Контроль Патология (мг%)

◆ % отклонения патологии от интакт.

◆ % отклонения от интактных после 10 суток лечения

◆ % отклонения от интактных после 20 суток лечения

Рис. 4 – Показатели коэффициента отклонения гаммаглутамин трансферазы от интактных до и после лечения Фитокомпозицией № 1 + PhytoF при токсическом гепатите у кроликов.  
(1 - 7 порядковые номера животных)

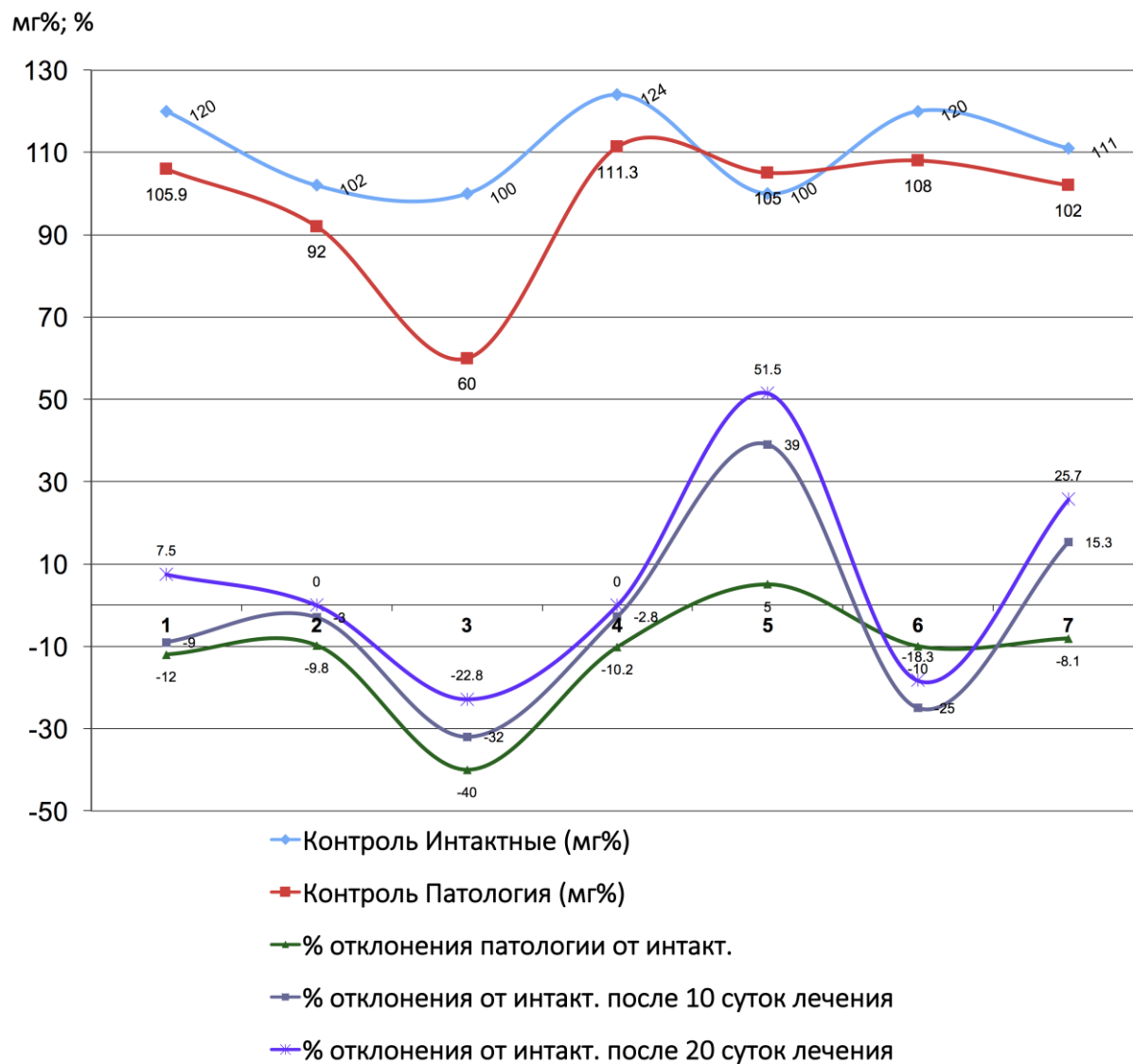


Рис. 5 – Показатели коэффициента отклонения щелочной фосфатазы от интактных до и после лечения Фитокомпозицией № 1+Phyto F при токсическом гепатите у кроликов.  
(1 - 7 порядковые номера животных)

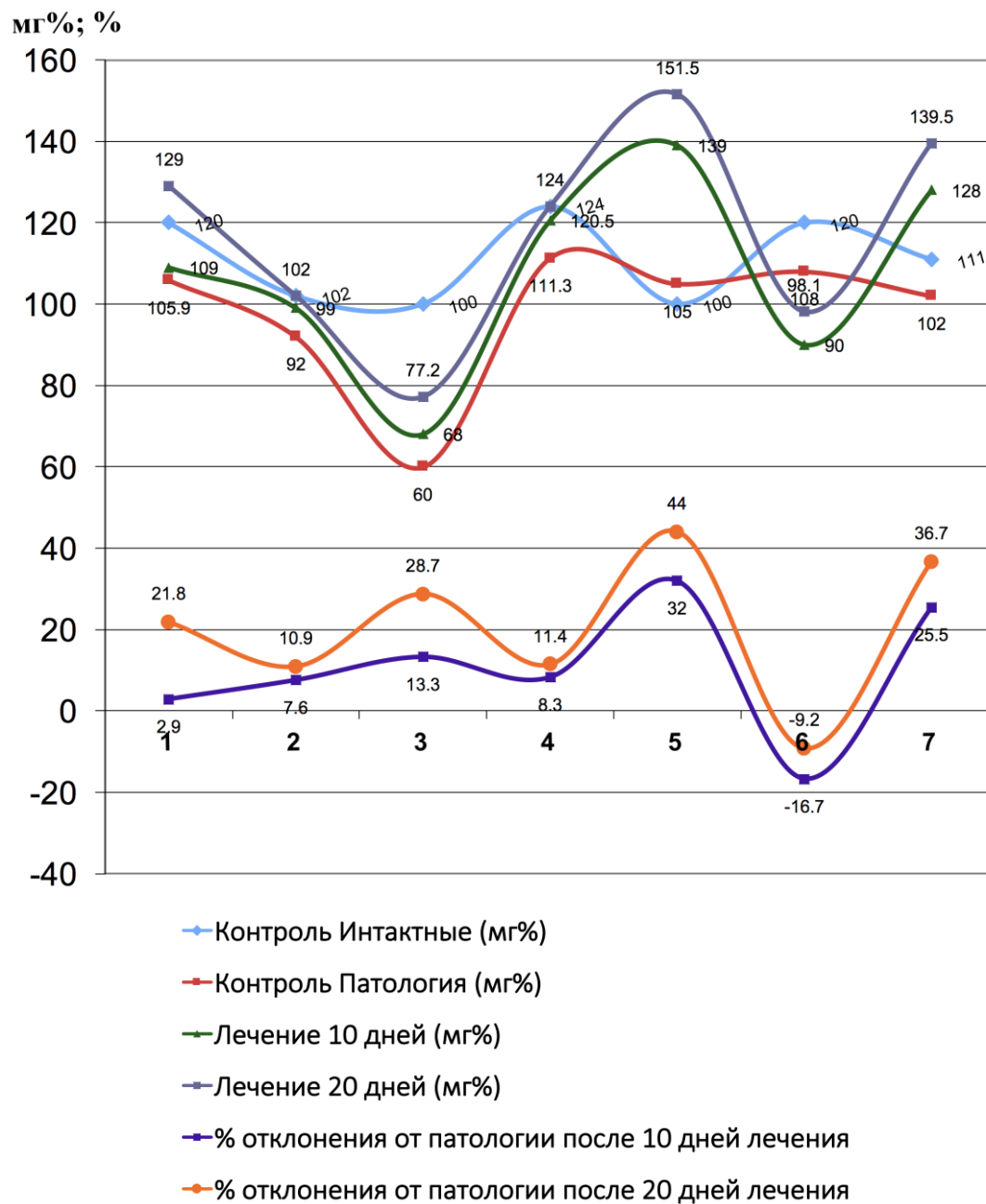


Рис. 6 – Показатели щелочной фосфатазы и коэффициента отклонения от патологии до и после лечения Фитокомпозицией № 1+Phyto F при токсическом гепатите у кроликов .  
(1 - 7 порядковые номера животных)

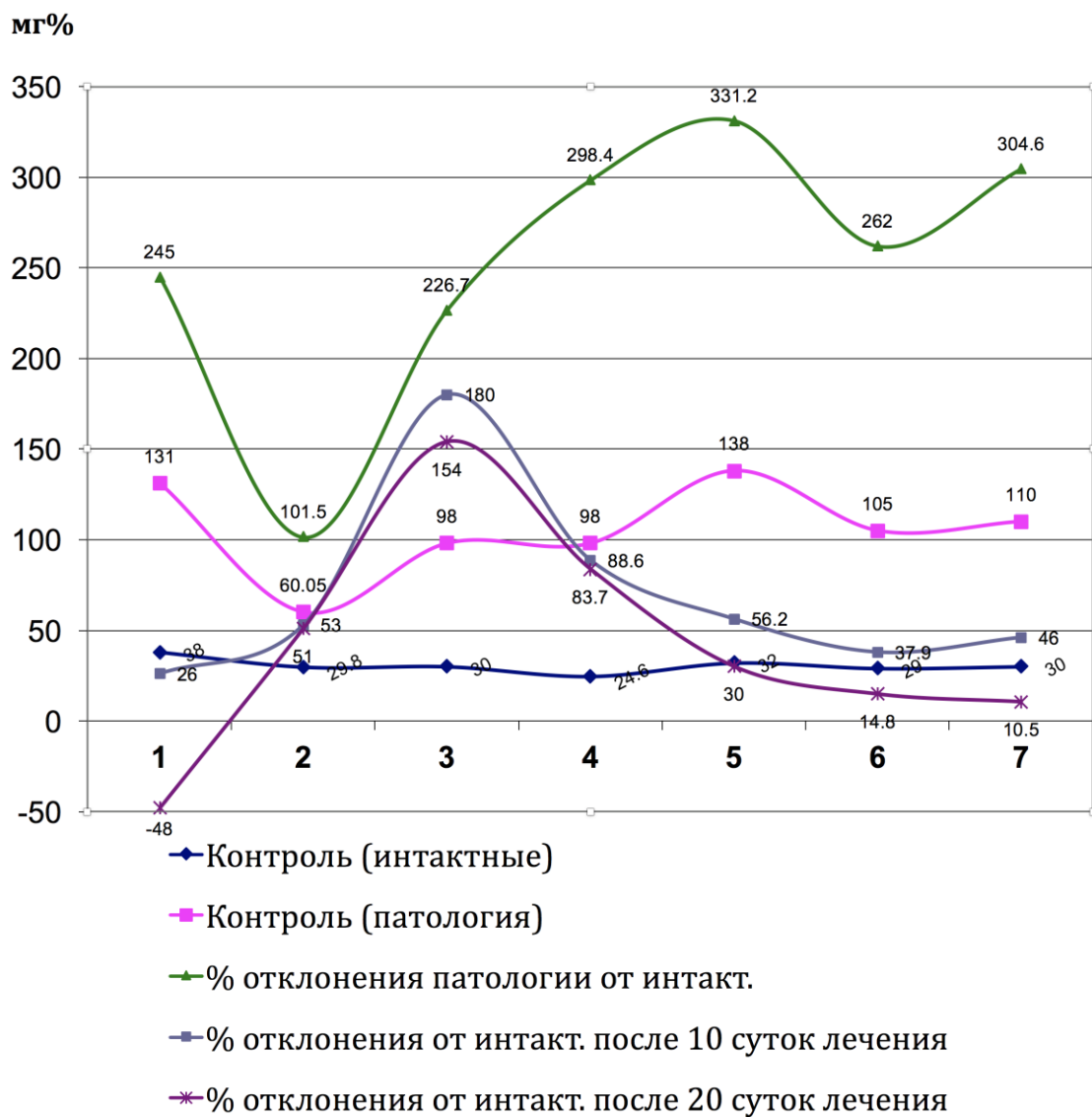


Рис. 7 – Показатели коэффициента отклонения аланинаминотрансферазы от интактных до и после лечения Фитокомпозицией № 1+Phyto F при токсическом гепатите у кроликов.  
(1 - 7 порядковые номера животных)

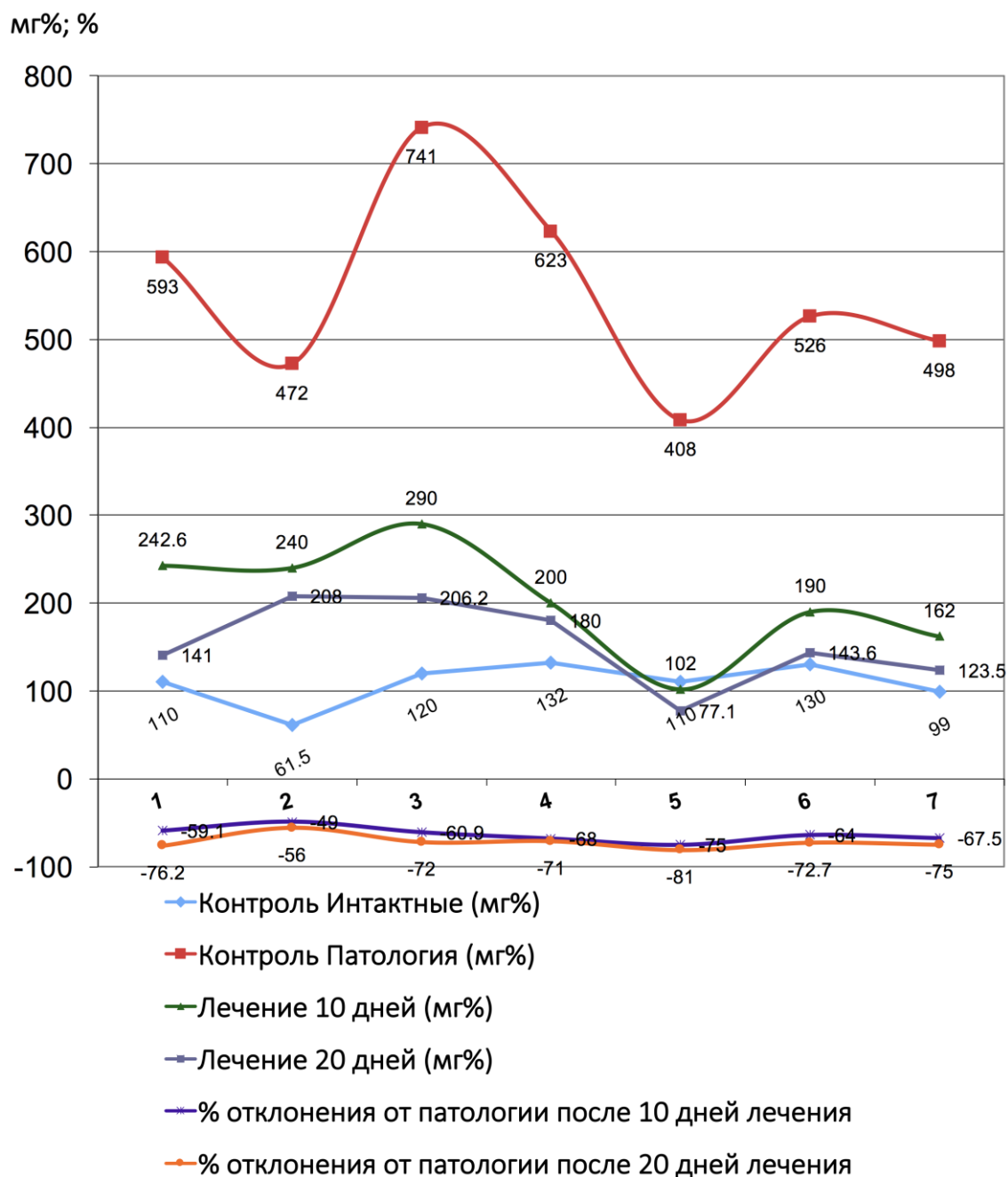


Рис. 8 – Показатели количества лактатдегидрогеназы и коэффициента отклонения от патологии до и после лечения Фитокомпозицией №1 + Phyto F при токсическом гепатите у кроликов.  
(1 - 7 порядковые номера животных)

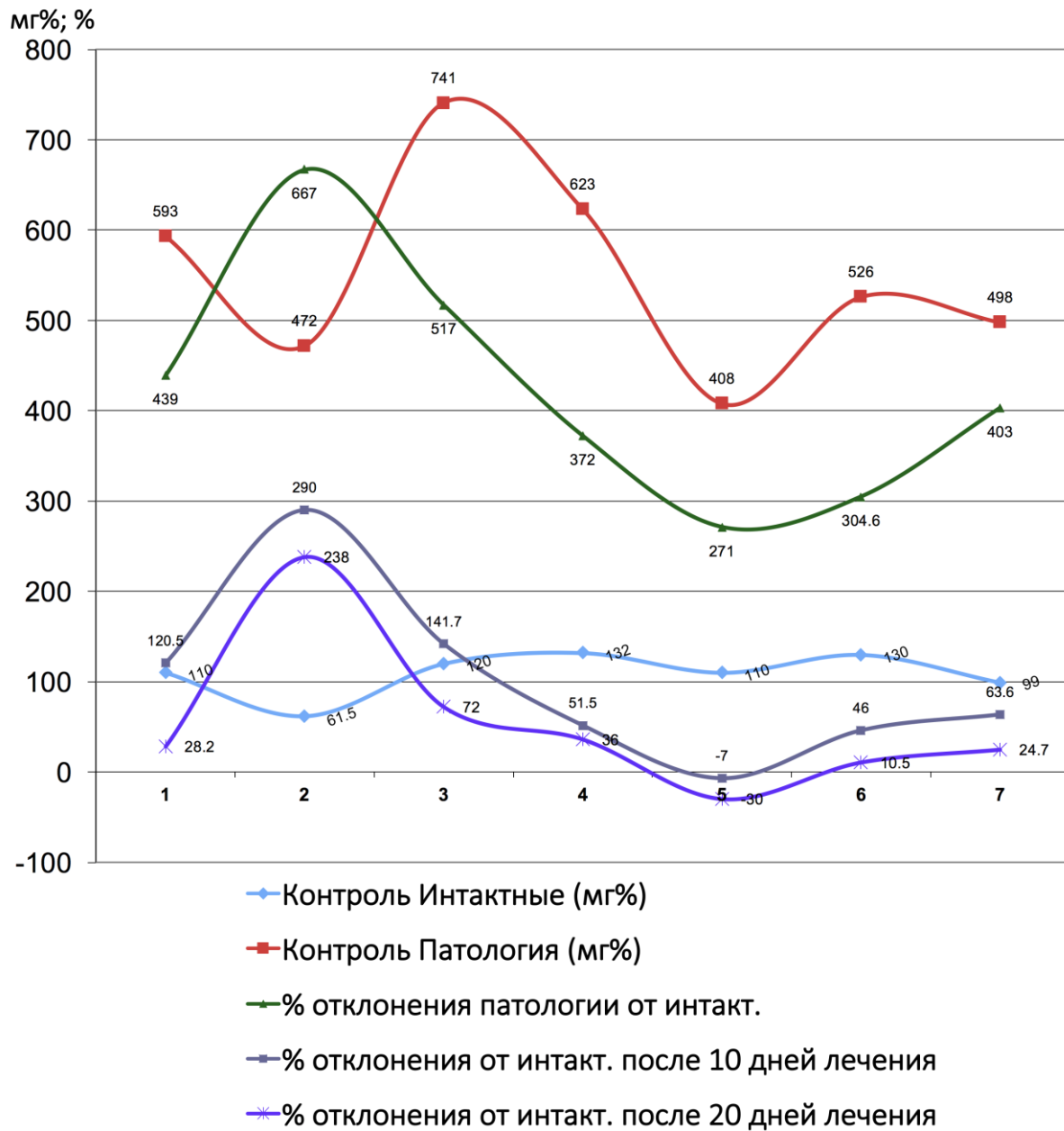


Рис. 9 – Показатели коэффициента отклонения лактатдегидрогеназы от интактных до и после лечения Фитокомпозицией № 1 + Phyto F при токсическом гепатите у кроликов.  
(1 - 7 порядковые номера животных)

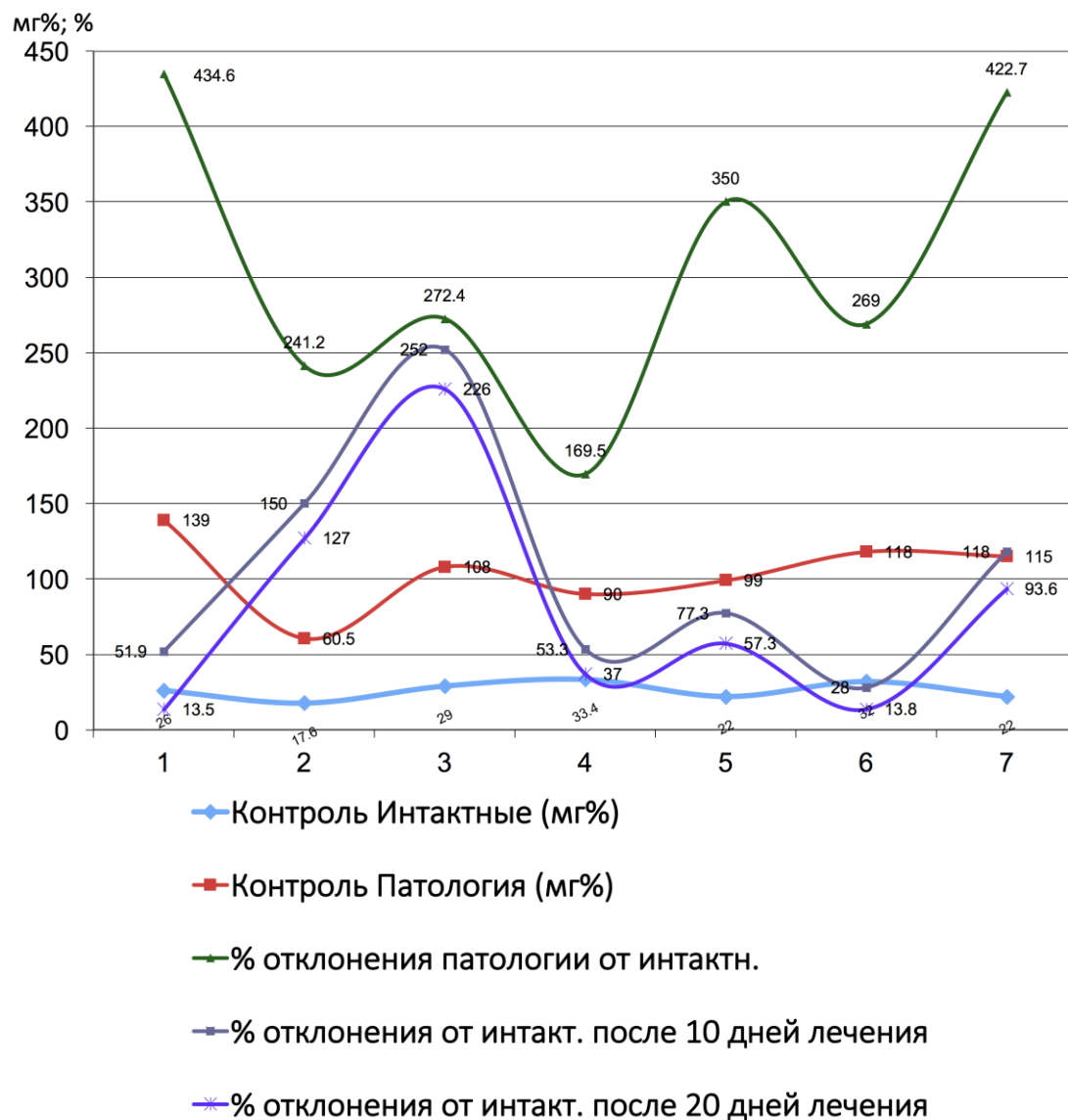


Рис. 10 – Показатели коэффициента отклонения аспартатаминотрансферазы от интактных до и после лечения Фитокомпозицией № 1 + Phyto F при токсическом гепатите у кроликов.  
(1 - 7 порядковые номера животных)

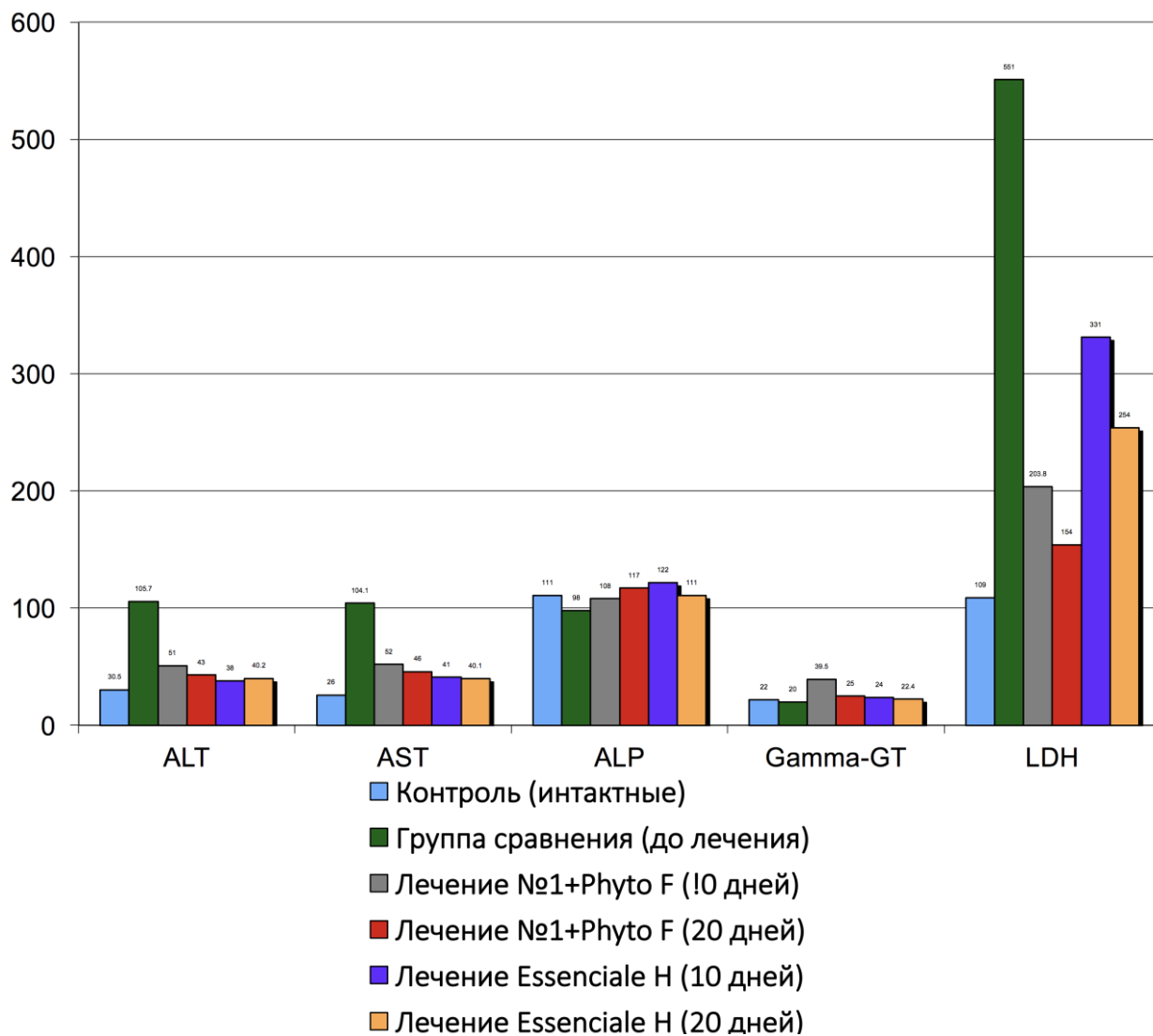


Рис. 11 – Изменение активности ферментов сыворотки крови под влиянием Фитокомпозиции Ph № 1+ Phyto F и Эссенциале Н при токсическом гепатите у кроликов (U/L).

Было установлено, что по спектру гепатопротекторного действия Ph №1+ Phyto F обладает гепатозащитным действием, и фармакологически высоко активна.

В группе сравнения у животных с моделью токсического гепатита через 10 дней отмечались во всех пробах признаками выраженной интоксикации (пассивное поведение, апатия к еде, отвислые уши), а также повышение активности трансаминаз, подтверждающих развитие синдрома цитолиза, что совпадает с результатами исследователей Тейилов Р. А. (1967) и Мязин Р. Г. и др. [7]. Проведенные исследования показали, что формирование токсического гепатита приводит к значительному увеличению активности как ALT так и AST относительно показателей у интактных животных в различные сроки наблюдения с максимально выраженными нарушениями к 10-ым суткам наблюдения. Повышение активности трансаминаз в изучаемых условиях эксперимента свидетельствует о некротических изменениях в печени, сопровождающихся выходом ферментов в кровяное русло. Достаточно выраженное повышение активности AST вероятнее всего происходит за счёт высвобождения митохондриальной фракции AST, что свидетельствует о тяжести клеточного повреждения. У животных группы сравнения, наблюдаемых нами в течении последующих 20 дней, отмечалось значительное ухудшение состояния как визуально, так и со стороны биохимических показателей. Часть животных (4), взятых в опыт погибли на 17 день. У всех животных после курса лечения наблюдались достоверные (таб. № 1) положительные результаты по нормализации процессов активности ферментов печени. Цитолиз уменьшался и у животных отмечалась редукция ряда проявлений: повышение двигательной активности, улучшение аппетита, отвисшие уши в группе сравнения, приняли нормальное положение в опытных сериях. Под действием Фитокомпозиции наблюдается выраженное обезвреживающая способность гепатоцитов печени (Рис. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10). В сравнительном аспекте с ЭФН Ph№1+ Phyto F оказывает аналогичное фармакотерапевтическое действие. Однако, Ph№1+ Phyto F по некоторым показателям уступает ЭФН, а по некоторым - превосходит (таблица № 1).

В тоже время на фоне применения Ph № 1 + Phyto F уже к 10 суткам курса лечения в наших наблюдениях отмечается достоверное снижение активности ALT и AST в сравнении с показателями, зарегистрированными в этот же срок наблюдения у животных группы сравнения (рис. 1). К окончанию эксперимента исследуемые показатели у группе животных, получавших лечение Ph № 1 + Phyto F и у группы животных, получавших широко применяемый в медицинской практике препарат Эссенциале форте Н, имели сравнительные, достоверные показатели. Так по показателям ALP, превосходит, по -  $\gamma$ - GT уступает, по- ALT, LDH, AST аналогичные показатели. Применение Ph №



1 + Phyto F предупреждает формирование гиперферментемии практически с полным восстановлением изучаемых показателей к 20-му дню наблюдения. Результаты статистической отчетности представлены в таблице № 1.

Таблица 1 – Изменение активности ферментов сыворотки крови под влиянием Фитокомпозиции № 1+Phyto F и Essenciale H при токсическом гепатите у кроликов (U/L)

РАЗДЕЛЫ	Показатели	Контроль		Лечение основных групп			
		Интактная группа (n=7)	Группа сравнения (до лечения) (n=7)	Фитокомпозиция №1+Phyto F		Essenciale H	
				10 дней (n=7)	20 дней (n=7)	10 дней (n=7)	20 дней (n=7)
Средние значения	ALT	30,5	105,7	51,4	42,7	37,8	40,23
	AST	26	104,1	52,1	46,2	40,9	40,13
	ALP	111	97,7	107,6	117,3	122,2	111,5
	γ-GT	22	20,15	39,5	25,27	24,4	22,43
	LDH	109	551	203,8	154,2	330,8	254,11
СТАТИСТИКА (M±Δ)	ALT	26,3 ± 2* (24,6 – 38)	106±17,5* (60,05 – 138)	51 ± 10,1* (40 – 84)	48±18,94** (19,8–76,2)	37,79±5,49* (29,8 – 52)	40,2±5,34* (30,3 – 50,2)
	AST	26 ± 1,9* (17,6-33,4)	104±17,1* (60,05 – 139)	70,5±31** (39 – 102)	62,1±29,2** (29,5 – 94,6)	40,89±9,39* (22 – 58)	40,13±4,03* (34,6 – 50,4)
	ALP	111±12* (100 – 124)	97,74 ±12,15* (60 – 111,3)	107,6±16,6* (68 – 139)	117,3±17,8* (77,2 – 151,5)	122,19±12,2* (98 – 144)	111,53±8,9* (99,2 – 136)
	γ- GT	22± 1,7* (18 – 28)	20,15±2,06* (15,8 – 25)	39,5±8,7* (20,5 – 55)	34±15** (19,2 – 49)	24,4±1,98* (20,7 – 28,8)	22,43±2,47* (18,1 – 29,1)
	LDH	109± 18* (99 – 132)	551±75,74* (408 – 741)	203,8±42,1* (102 – 290)	154±32,53* (77,1 – 208)	330,76±43,5* (230 – 410,1)	254,11±29,5* (203 – 322)

Примечания к разделу “СТАТИСТИКА (M±Δ)”

1. В первой строке указаны доверительные интервалы (M±Δ) по критерию Стьюдента.

(\* - с вероятностью  $p < 0,01$ ; \*\* - с вероятностью  $p < 0,05$ ).

2. Во второй строке указаны минимальное и максимальное значения параметра.

Далее определен коэффициент гепатопротекторной активности (КГА). Результаты представлены в таблице № 2

Таблица 2 – Гепатопротекторная активность препаратов КГА = (К-О)/К-И) при токсическом гепатите у кроликов (U/L)

Препарат	Показатели	Контроль		Опыт		КГА		
		Интактн	Патология	10 дней	20 дней	10 дней	20 дней	Сред
№1+Phyto F	ALT	30,5	105,72	51,4	42,75	0,68	0,78	0,73
	AST	26	104,2	52,1	46,2	0,63	0,71	0,67
	ALP	111	97,7	107,64	117,3	1,86	2,6	2,24
	γ-GT	22	20,15	39,5	25,27	15,26	6,49	10,88
	LDH	108,9	551,6	203,8	154,2	0,786	0,898	0,842
Essenciale H	ALT	30,5	105,7	37,78	40,22	0,836	0,839	0,837
	AST	26	104,15	40,88	40,128	0,759	0,787	0,773
	ALP	111	97,7	122,2	111,5	2,17	1,157	1,665
	γ-GT	22	20,15	24,4	22,43	2,6	2,8	2,7
	LDH	108,9	551,6	330,75	254,1	0,46	0,668	0,566

Спектрофотометрическими исследованиями качественного состава Ph № 1 + Phyto F, установлено совпадение максимумов поглощения рабочего и стандартного растворов (ЭФН), что свидетельствует о возможном наличии в испытуемой Сумме экстрактов Ph № 1 + Phyto F эссенциальных фосфолипидов (Рис. 12 и 13):

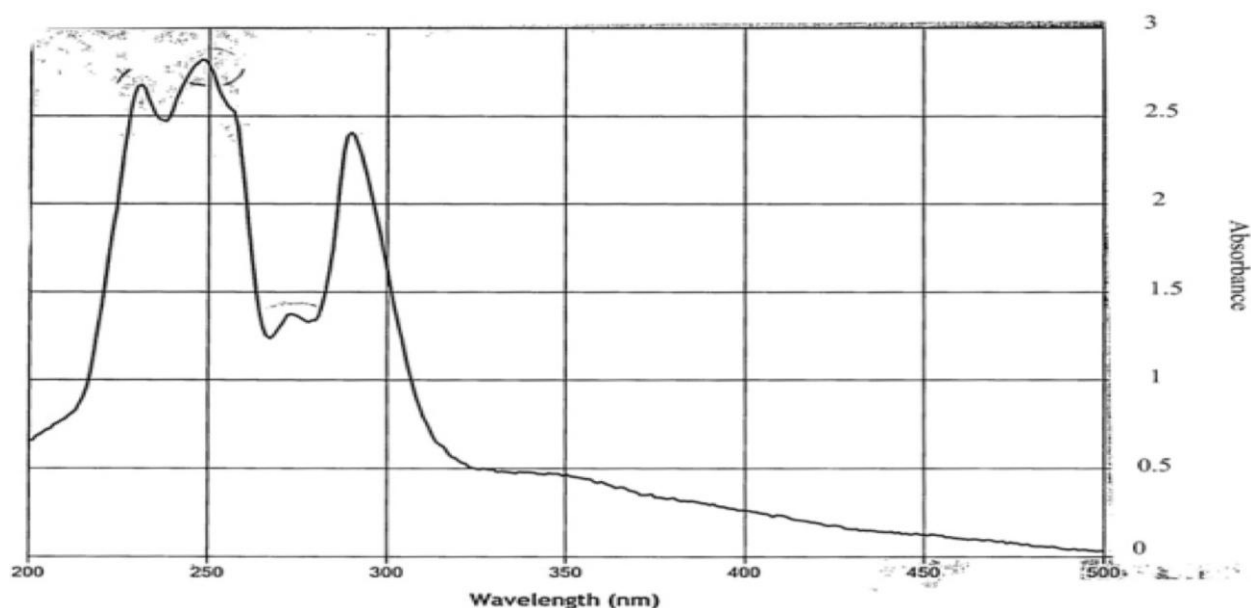


Рис. 12 – Спектрофотометрический анализ качественного состава препарата Эссенциале форте Н (1 : 5)

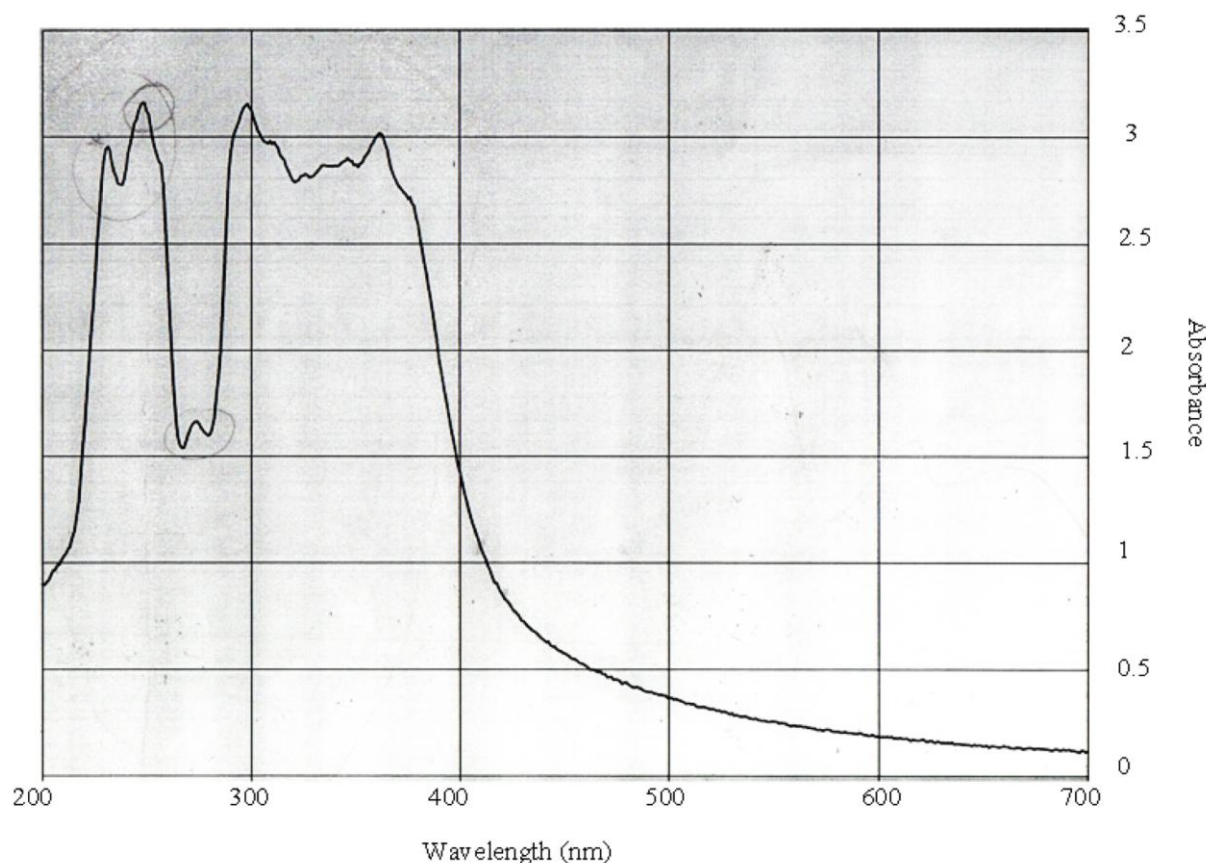


Рис. 13 – Спектрофотометрический анализ качественного состава препарата Суммы экстрактов Ph №1 + Phyto F (2 : 3)

Указанные положительные результаты изменяются в соответствии с продолжительностью курса лечения Ph №1 + Phyto F, которая активна в отношении нормализации метаболизма белка гепатоцитами, наблюдаемые нами ранее [30], а именно, церулоплазмину, входящего в состав  $\gamma$  2- глобулиновой фракции, как одного из главных компонентов антиоксидантной защиты и адаптации организма к стрессовым факторам.

Во всех сериях результаты положительной динамики наблюдались также за счёт антитоксического, антиоксидантного, холеретического и, возможно, антирадикального действий, наблюдаемого нами в предыдущих

исследованиях [17]. Ph №1 + Phyt F также активна в отношении гипоксии антиоксидантного стресса при токсическом гепатите.

Эффекты гепатопротекторной функции Ph № 1 + Phyto F практически идентичны по многим показателям сравнительной серии опытов с ЭФН.

#### Список литературы / References

1. Ахметченко З. А., Муфазалова Н. А., Муфазалова Л. Ф., и др. Эффективность тактивина и токоферола для коррекции гептотоксического действия аминной соли 2,4 – дихлорфеноксиуксусной кислоты. // Казанский медицинский журнал.- 2013. Выпуск 5.- С.651-655.
2. Бабак О. Я. Первый клинический опыт применения эссенциале Н на Украине // Consilium Medicum. - 2001. - Экстравыпуск. – С. 11 - 14.
3. Гордиенко А. Д. Гепатозащитное действие липофена – нового комбинированного фосфолипидного препарата природного происхождения. // Экспериментальная и клиническая фармакология. - 2001. – Т. 64. - №3. – С. 45 - 47.
4. ГФ Российской Федерации, XII издание, часть I. М., - 2007, - С.
5. Западнюк И. П., Западнюк В. И., Захария Е. А., Западнюк Б. В. Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте.// Киев.- Головное издательство издательского объединения «Вища школа». - 1983.- С. 195 - 223.
6. Ивашкин В.Т. Комбинированное лечение хронического гепатита В. // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии -1998. - № 5.- стр. 57 - 60.
7. Мязин Р.Г., Емельянов Д.Н., Снигур Г.Л., и др. Изучение динамики печеночных проб в эксперименте при моделировании острого токсического гепатита у крыс. // «Гастроэнтерология Санкт – Петербурга».- Санкт – Петербург.- 2013. - №2 – 69 стр. - М 22.
8. Ушакова Е. А. Место эссенциальных фосфолипидов в современной медицине // Фарматека. – 2003. - №10. – С. 40 - 47.
9. Яковенко Э. П., Григорьев П. Я. Гептрал в лечении внутрипеченочного холестаза // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. – 2002. – Т.12. - №1. - С. – 84 - 87.
10. Гасанова Д.А., Ганиева Р.А., Мехралиева С. Д. Изучение токсичности, некоторых растений, входящих в состав Фитокомпозиции. // Азербайджанский Фармацевтический и фармакотерапевтический журнал.-2015. - № 1. - Баку. - с. – 38 - 40
11. Гасанова Д. А. Определение токсичности растений , произрастающих в Азербайджане. // Азербайджанский Фармацевтический и фармакотерапевтический журнал.-2013.- № 2. - Баку. - с. – 7 - 10
12. Владимиров Ю.А. Свободные радикалы и антиоксиданты. // Вестник РАМН. 1998. - №8.- С. 43 - 51.
13. Гульман Л. А., Кришвиц Т. С. , Мартынова Г. П. Мобилизация катехоламинов и обмен индолилалкламинов при вирусном гепатите А у детей. // Биологическая роль и обмен моноаминов и циклонуклеотидов.
14. Звягинцева Т. Д. Лечение хронических диффузных заболеваний печени: какие возможности открывает перед нами применение гепатопротекторов. // Здоровье Украины. – 2009. - №12/1. – С. 32 - 33.
15. Меерсон Ф. З. Общий механизм адаптации и роль в нем стресс- реакции, основные стадии процесса. // Физиология адаптационных процессов. М., 1986. – С. 77 - 123 Красноярск, 1983. – С. 110 - 114.
16. Губский Ю. И. Коррекция химического поражения печени // «Здоров\*я».- Киев. - 1989. - 168 с.
17. Dadashova S., Hasanova D., Kurbanova I. and all. Antioxidant and free radical scavenging activities of plant compounds.// Journal of BIOTECHNOLOGY.- Volum 161. - Supplement . - November. - 2012. – Eurobiotech.
18. Hoffman La Roche LTD. Швейцария; Schering Plough США.- “О контроле качества лекарств”. - от – 31/12 – 2008.
19. Roti E., Minelly R. et al. Multiple changes in thyroid function in patients with chronic active HCV – hepatitis treated with recombinant interferon – alpha. // The American Journal of Medicine - 1996. - November. Vol. 101. - p. 482 - 487.
20. Sherlock S., Dooley J. Diseases of the liver and biliary system. //London: Black well. 2002. pp 706. - Agriculture Symposium.
21. Shedlofsky S. I., Bonkoüsky H. L., Sinclair P. R. et. al. Iron loading of cultured hepatocytes: Effect of iron on 5-fvinolaevulinate synthase is independent of lipid peroxidation //Biochem. J. -1983. - Vol 212, № 2. - P. 32 - 330
22. Allen C. M., Hockin L. J., Paine A. J. The control of glutathione and cytochrome P - 450 concentrations of primary cultures of rat hepatocytes //Biochem. Pharmacol. - 1981. - Vol. 30, N 19. - P. 2739 - 2742
23. Скаун Н. П., Шманько В. В., Охримович Н. М.- Тернополь: Збруч, - 1995. – 270 с.
24. Дектярова И. И., Козачек Н. Н., Лоховский О. И. Эффективность применения холивера при заболеваниях гепатобилиарной системы. // Сучасна гастроэнтерология.- 2003. - №3 (13). – С. 80 - 86.
25. Arivzhagan P., Juliet P., Panneerselvam C. Effect of DL alpha li-poic acid on the status of lipid pero[idation and antioxidants in aged rats//Pharmacol/ Res/ 2000/- Mar. 41 (3). – p. 299 - 303.
26. Etimof O. E. Hepatotoc[icity of carbon tetrachloride protective effect of Gongronema latifolium. //Pakistan jornal of pharmaceutical sciences. 2008. – vol 21. - issue № 3. P. 268 - 274.
27. Hayashi P. H. Causality assessment in drug-induced liver injury // Seminars in Liver Disease. 2009. - vol. № 4. - p. 348- 356.
28. Nose H., Terawaki K., Oguri K., et al. Activatin of macrophages by crude polysaccharide fractions obtained from shoots of Glycyrrhiza glabra and hairy roots of Glycyrrhiza uralensis I vitro. // Biol. Pharm. Bull. - 1998. - vol. 21, №10. - p. 1110 – 1112.
29. Zhang B. J. Protection by and anti- oxidant mechanism of berberine against rat liver fibrosis induced by multiple hepatotoxic factors. // Clinical and experimental pharmacology and physiology. 2008. Vol. 35 issue 3. - p. 303-309

30. Hasanova D. A., Gasanova Z. Z. The role of ceruloplasmin in the  $\gamma_2$  – globulin fraction of protein metabolism in the liver induced by carbon tetrachloride and its correction by Phytocomposition №1+Phyto F// International Research Journal. 2016. - Vol. - № 8 (50). - P. 147 - 153.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Akhmetchenko Z. A., Mufazalova N. A., Mufazalova L. F., i dr. Effektivnost taktivina i tokoferola dlia korrektsii gepatotoksicheskogo deistviia aminnoi soli 2,4 – dihlorfenoksiusnoi kisloty [Akhmetchenko ZA, Mufazalova NA, Mufazalova LF, et al. Efficiency of Tactivin and Tocopherol for Correction of the Hepatotoxic Effect of the Amine Salt of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid]// Kazan Medical Journal.- 2013. Issue 5.- P.651-655.
2. Babak O. Ya. Pervyi klinicheskii opyt primeneniia essenciale N v Ukraine [First Clinical Experience of Applying Essentiale N in Ukraine] // Consilium Medicum. - 2001. - Ekstravypusk. – P. 11 - 14.
3. Gordienko A. D. Gepatozashhitnoe deistvie lipofena – novogo kombinirovannogo fosfolipidnogo preparata prirodnogo proishozhdeniia [Gepatoprotective Effect of Lipofen - New Combined Phospholipid Preparation of Natural Origin]. // Experimental and Clinical Pharmacetics. - 2001. – V. 64. – No.3. – P. 45 - 47.
4. GF Rossijskoj Federacii [GF of the Russian Federation] XII edition, Part I. M., - 2007, - S.
5. Zapadniuk I. P., Zapadniuk V. I., Zahariia E. A., Zapadniuk B. V. Laboratornye zhivotnye. Razvedenie, sodержanie, ispolzovanie v eksperimente [Laboratory Animals. Breeding, Keeping, Use in Experiment] // Kyiv.- Head Publishing House of the Publishing Association “Vishcha shkola.” - 1983.- P. 195 - 223.
6. Ivashkin V.T. Kombinirovannoe lechenie hronicheskogo gepatita V. [Combined Treatment of Chronic Hepatitis B] // Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Coloproctology -1998. – No. 5.- P. 57 - 60.
7. Miazin R.G., Emelianov D.N., Snigur G.L., i dr. Izuchenie dinamiki pechenochnykh prob v eksperimente pri modelirovanii ostrogo toksicheskogo gepatita u kryss [Study of the Dynamics of Hepatic Samples in an Experiment Aimed at Modeling Acute Toxic Hepatitis of Rats]. // “Gastroenterology of St. Petersburg.” - St. Petersburg. - 2013. - No. 2 - 69 p. - M 22.
8. Ushakova E. A. Mesto essencialnykh fosfolipidov v sovremennoj medicine [Place of Essential Phospholipids in Modern Medicine] // Farmateka. – 2003. – No.10. – P. 40 - 47.
9. Yakovenko Ye. P., Grigoriev P. Ja. Geptral v lechenii vnutripechenochnogo holestaza [Heptral in the Treatment of Intrahepatic Cholestasis] // Russian Journal of Gastroenterology, Hepatology, Colorectology. - 2002. - V.12. – No 1. - P. - 84 - 87.
10. Gasanova D.A., Ganieva R.A., Mehralieva S. D. Izuchenie toksichnosti, nekotorykh rastenii, vkhodiashchikh v sostav Fitokompozitsii [Study of Toxicity, of Certain Plants that Make up Phytocompositions]. // Azerbaijan Pharmaceutical and Pharmacotherapeutic Journal. 2015. - No. 1. - Baku. - p. - 38 – 40
11. Gasanova D. A. Opredelenie toksichnosti rastenii, proizrastajushchikh v Azerbajdzhanе [Determination of the Toxicity of Plants Growing in Azerbaijan]. // Azerbaijan Pharmaceutical and Pharmacotherapeutic Journal.-2013.- No. 2. - Baku. - p. - 7 - 10
12. Vladimirov Yu.A. Svobodnye radikaly i antioksidanty [Free Radicals and Antioxidants] // Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences. 1998. - No.8.- P. 43 - 51.
13. Gulman L. A., Krishvic T. S. , Martynova G. P. Mobilizacija kateholaminov i obmen indolilalklaminov pri virusnom gepatite A u detej [Mobilization of Catecholamines and Exchange of Indolylalclamines in Viral Hepatitis A of Children] // Biological Role and Exchange of Monoamines and Cyclone Nucleotides.
14. Zviaginceva T. D. Lechenie hronicheskikh diffuznykh zabolevanii pecheni: kakie vozmozhnosti otkryvaet pered nami primeneniie gepatoprotektorov [Treatment of Chronic Diffuse Liver Diseases: What Opportunities are Opened for us by the Use of Hepatoprotectors] // Zdorovie Urkainy. – 2009. - No.12/1. – P. 32 - 33.
15. Meerson F. Z. Obshhii mekhanizm adaptacii i rol v nem stress-reakcii, osnovnye stadii processa [General Mechanism of Adaptation and the Role of Stress Reactions in it, Main Stages of the Process] // Physiology of Adaptation Processes. M., 1986. - P. 77 - 123 Krasnoyarsk, 1983. - P. 110 - 114.
16. Gubskij Yu. I. Korrektsiya himicheskogo porazheniya pecheni [Correction of Chemical Damage of the Liver] // “Zdoroviya.”- Kyiv. - 1989. - 168 p.
17. Dadashova S., Gasanova D., Kurbanova I. and all. Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of Plant Compounds.// Journal of BIOTECHNOLOGY. - Volume 161. - Supplement . - November. - 2012. – Eurobiotech.
18. Hoffman La Roche LTD. Switzerland; Schering Plough CHIA.- “ On Quality Control of Medicines ”. - of – 31/12 – 2008.
19. Roti E., Minelly R. et al. Multiple Changes in Thyroid Function of Patients with Chronic Active HCV – Hepatitis Treated with Recombinant Interferon – Alpha. // The American Journal of Medicine - 1996. - November. Vol. 101. - p. 482 - 487.
20. Sherlock S., Dooley J. Diseases of the Liver and Biliary System. //London: Black Well. 2002. p.706. - Agriculture Symposium.
21. Shedlofsky S. I., Bonkoüsky H. L., Sinclair P. R. et. al. Iron Loading of Cultured Hepatocytes: Effect of Iron on 5-fvinolaevalinate Synthase is Independent of Lipid Peroxidation //Biochem. J. -1983. - Vol 212, No. 2. - P. 32 - 330
22. Allen C. M., Hockin L. J., Paine A. J. Control of Glutathione and Cytochrome P - 450 Concentrations of Primary Cultures of Rat Hepatocytes //Biochem. Pharmacol. - 1981. - Vol. 30, N 19. - P. 2739 - 2742
23. Skakun N.P., Shmanko V.V., Okhrimovich N.M.- Ternopil: Zbruch, - 1995. – 270 p.
24. Dektiarova I. I., Kozachek N. N., Lokhovskii O. I. Effektivnost primeneniia holivera pri zabolevaniiax hepatobiliarnoi sistemy [Effectiveness of Holiver in Diseases of the Hepatobiliary System] // Modern Gastroenterology. - 2003. - No.3 (13). – P. 80 - 86.
25. Arivzhagan P., Juliet P., Panneerselvam C. Effect of DL Alpha Lipoic Acid on the Atatus of Lipid Peroxidation and Antioxidants of Aged Rats//Pharmacol/ Res/ 2000/- Mar. 41 (3). – p. 299 - 303.

26. Etimof O. E. Hepatotoxicity of Carbon Tetrachloride Protective Effect of Gongronema Latifolium. //Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences. 2008. – Vol. 21. - Issue No. 3. P. 268 - 274.
27. Hayashi P. H. Causality Assessment in Case of Drug-Induced Liver Injury// Seminars in Liver Disease. 2009. - Vol. No. 4. - p. 348- 356.
28. Nose H., Terawaki K., Oguri K., et al. Activatin of Macrophages by Crude Polysaccharide Fractions Obtained from Shoots of Glycyrrhiza Glabra and Hairy Roots of Glycyrrhiza Uralensis I Vitro. // Biol. Pharm. Bull. - 1998. - Vol. 21, No.10. - p. 1110 - 1112.
29. Zhang B. J. Protection by and Antioxidant Mechanism of Berberine against Rat Liver Fibrosis Induced by Multiple Hepatotoxic Factors. // Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology. 2008. Vol. 35 issue 3. - p. 303-309
30. Gasanova D. A., Gasanova Z. Z. Role of Ceruloplasmin in the  $\gamma$ 2 – Globulin Fraction of Protein Metabolism in the Liver Induced by Carbon Tetrachloride and its Correction by Phytocomposition No.1+Phyto F // International Research Journal. 2016. - Vol. - No. 8 (50). - P. 147 - 153.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.070>

**Иванова Я.А.<sup>1</sup>, Мухин А.С.<sup>2</sup>, Савенков А.Г.<sup>3</sup>, Шарабрин Е.Г.<sup>4</sup>, Федоров С.А.<sup>5</sup>, Лазукин В.Ф.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Аспирант кафедры хирургии ФПКВ Нижегородской государственной медицинской академии Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерство здравоохранения Российской Федерации Нижегородская государственная медицинская академия Нижний Новгород

<sup>2</sup>д.м.н., профессор кафедры лу хирургии ФПКВ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерство здравоохранения Российской Федерации Нижегородская государственная медицинская академия Нижний Новгород

<sup>3</sup>Заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГКБ№13, г Нижнего Новгорода ГБУЗ НО "Городская клиническая больница №13 Автозаводского района" Нижний Новгород

<sup>4</sup>д.м.н., профессор кафедры лучевой диагностики ФПКВ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерство здравоохранения Российской Федерации Нижегородская государственная медицинская академия Нижний Новгород

<sup>5</sup>аспирант кафедры Госпитальной хирургии им. Б.А.Королева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерство здравоохранения Российской Федерации Нижегородская государственная медицинская академия Нижний Новгород

<sup>6</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерство здравоохранения Российской Федерации Нижегородская государственная медицинская академия Нижний Новгород, доктор биологических наук, доцент кафедры медицинской физики и информатики НижГма.

### **ДОГОСПИТАЛЬНЫЙ ТРОМБОЛИЗИС У ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА С ПОДЪЕМОМ СЕГМЕНТА ST В СОЧЕТАНИИ С УРГЕНТНОЙ АНГИОПЛАСТИКОЙ И ТРОМБАСПИРАЦИЕЙ**

**Аннотация**

*При медикаментозной и эндоваскулярной реперфузии миокарда уменьшается риск развития осложнений, что связано с уменьшением нагрузки на инфаркт ответственную артерию после проведения догоспитального. Серьезные осложнения такие, как нарушение мозгового кровообращения и эмбологенный инфаркт отсутствовали у пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST в группе с выполненной тромбаспирацией, в группе с проведенным догоспитальным тромболизисом летальных исходов не было, что свидетельствует об эффективности тромболизиса, как профилактической меры.*

**Ключевые слова:** острый коронарный синдром, догоспитальный системный тромболизис, чрескожное коронарное вмешательство, аспирация тромбов, тромбэкстракция, феномен “no-reflow”.

**Ivanova Ya.A.<sup>1</sup>, Mukhin A.S.<sup>2</sup>, Savenkov A.G.<sup>3</sup>, Sharabrin E.G.<sup>4</sup>, Fedorov S.A.<sup>5</sup>, Lazukin V.F.<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Postgraduate Student at the Department of Surgery, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Ministry of Health of the Russian Federation “Nizhny Novgorod State Medical Academy Nizhny Novgorod”

<sup>2</sup>MD, Professor of the Department of Surgery, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Ministry of Health of the Russian Federation “Nizhny Novgorod State Medical Academy Nizhny Novgorod”

<sup>3</sup>Head of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnostics and Treatment of City Clinical Hospital No.13, Nizhny Novgorod, State-financed Health Institution “City Clinical Hospital No.13 Avtozavodsky District,” Nizhny Novgorod

<sup>4</sup>MD, Professor of the Department of X-ray Diagnostics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Ministry of Health of the Russian Federation “Nizhny Novgorod State Medical Academy,” Nizhny Novgorod

<sup>5</sup>Postgraduate Student of the Department of Hospital Surgery named after B.A.Korolev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Ministry of Health of the Russian Federation “Nizhny Novgorod State Medical Academy,” Nizhny Novgorod

<sup>6</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Ministry of Health of the Russian Federation “Nizhny Novgorod State Medical Academy,” Nizhny Novgorod, PhD in Biology, Associate Professor of the Department of Medical Physics and Informatics of NNSMA

# PREHOSPITAL THROMBOLYSIS OF PATIENTS WITH ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION WITH ST-SEGMENT ELEVATION IN COMBINATION WITH URGENT ANGIOPLASTY AND THROMBUS ASPIRATION

## Abstract

*In cases of drug and endovascular myocardial reperfusion the risk of complications decreases due to the reduction of load on infarct related artery. No serious complications such as cerebral circulation and myocardial embologenic were detected among patients with acute myocardial infarction with ST segment elevation in the group with formed thrombus aspiration. As for a group with prehospital thrombolysis, there were no deaths in it, indicating the effectiveness of thrombolysis as a preventive measure.*

**Keywords:** acute coronary syndrome, prehospital systemic thrombolysis, transcatheter coronary intervention, thrombus aspiration, thromboextraction, "no-reflow" phenomenon.

**А**ктуальность  
Свежие тромбы способны растворяться в фибринолитических препаратах, что способствует восстановлению проходимости в инфаркт ответственной артерии. Первое применение тромболитического препарата при остром инфаркте миокарда произошло более 50 лет назад [1]. В 1961 г. Г.В. Андреев, Б.А. Кудряшов и создали отечественный фибринолизин, что оказалось не оцененным вкладом для развития тромболитической терапии при остром инфаркте миокарда. В 1976 году Е.И. Чазов и коллеги впервые в мире ввели фибринолизин в инфаркт ответственной артерии. Данный опыт позволил понять, что введение препарата, пациентам с острым инфарктом миокарда, уменьшает объем поражения миокарда, а также приводит к уменьшению осложнений и летальных исходов. При проведении ангиографии [2] удалось выявить, что острая тромботическая окклюзия коронарной артерии является основной причиной инфаркта миокарда. По данным [3] госпитальная летальность была снижена на 25%, что говорит об эффективности тромболитической терапии. Практическое применение тромболитической терапии при остром инфаркте миокарда получила после таких исследований, как GISSI-I и ISIS-2. [2], [3]. Препаратом для проведения тромболитической терапии являлась стрептокиназа, так тромболитическая терапия вошла в перечень стандартов лечения острого инфаркта миокарда. Введение тромболитического препарата в первые 60 минут от начала острого инфаркта миокарда является «золотым» стандартом. Раннее введение важный фактор, который непосредственно влияет на снижение летальных исходов. Как показывают такие работы, как (ASSENT-3 и ASSENT-3 PLUS) [4] снижение летальных исходов у пациентов с острым инфарктом миокарда происходит при двукратном раннем введении тромболитического препарата. При введении в первые два часа от начала острого инфаркта миокарда, тромболитический зарекомендовал себя, как лучший метод раннего восстановления кровотока в инфаркт ответственной артерии. Возможность применения тромболитической терапии на догоспитальном этапе в первые 60-90 от начала острого инфаркта миокарда, является преимуществом фармакологической реперфузии [5]. Введение препарата осуществляется бригадой скорой помощи или непосредственно врачом на базе лечебного учреждения [6]. По данным MINAP [7], включившим в себя 34 722 пациента догоспитальный тромболитический важнейший фактор выживаемости. Стоит помнить, что устранение субстрата окклюзии не отменяет возникновение остаточного гемодинамически значимого стеноза. Так по данным Д.Г. Иоселиани 2004 г. такой стеноз после тромболитической терапии наблюдается у 70% пациентов. Также установлено, что даже при восстановлении кровотока в инфаркт ответственной артерии у 8-24% пациентов гемодинамика значительно нарушена. Причиной данного явления вероятно является дистальная эмболизация. Появление стенозов сняло многие ограничения в проведении urgentных эндоваскулярных процедур у пациентов в остром периоде инфаркта миокарда. Ограничения возникали из-за большого процента повторных инфарктов, что приводило к снижению функции левого желудочка [8]. Также до эпохи стенозов частым осложнением являлась диссекция интимы после проведения ангиопластики [9]. Сочетание тромболитической терапии и urgentных эндоваскулярных вмешательств способствует снижению общего числа осложнений [10]. В настоящее время вопрос об эффективности комбинированной фармакоинвазивной реперфузии вызывает интерес к изучению. В исследовании GRACIA-2 [11] в котором изучено 212 пациентов с острым инфарктом миокарда. Одной группе выполняли тромболитический перед ЧКВ, другой проводили эндоваскулярное лечение без догоспитального тромболитического. У 70% в группе с тромболитической терапией отмечалась снижение сегмента ST более 70%. Что касается фракции выброса и объема зоны инфаркта они были сопоставимы в обеих группах. Такие исследования как WEST и CARESS-in-AMI по продемонстрированным результатам виден положительный эффект фармакоинвазивного лечения [12]. В исследовании NORDISTEMI [13], в которое вошло 266 пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST было показано. Всем пациентам выполнен тромболитический. Пациенты разделены на две группы с экстренным эндоваскулярным лечением и отсроченным эндоваскулярным лечением (в среднем 4 суток), что частота смертей и острое нарушение мозгового кровообращения в 1-ой группе меньше (6% против 16%  $p=0,01$ ). Наиболее оптимальной стратегией лечения будет комбинированная тактика сочетания догоспитального системного тромболитического с последующим эндоваскулярным лечением [14]. По данным литературы феномен «no-reflow» возникает и у пациентов с восстановленным магистральным кровотоком [15]. Частота возникновения данного феномена от 5 до 50% [16]. Осложненное течение острого инфаркта миокарда наличие аритмии, прекардит, тахикардии, застойной сердечной недостаточности и сочетание его с феноменом «no-reflow» отрицательно сказываются на результатах лечения [17]. Возможность повторного острого инфаркта миокарда возрастает таким образом предупреждение возникновения данного феномена снижает риск неблагоприятного исхода при остром инфаркте миокарда [18].

## Материалы и методы

Изучены непосредственные результаты эндоваскулярного лечения 270 пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST в период с 2012 по 2016 гг. выполнено в ГБУЗНО №13 Автозаводского района г. Нижнего Новгорода. В зависимости от проводимого лечения пациенты подразделены на три группы. В 1 группе (n=110) - с

экстренными чрекожным вмешательством дополненными тромбаспирацией на инфаркт ответственной артерии без тромболитической терапии; 2 группа (n=70) - с экстренными экстренным чрекожным вмешательством дополненными тромбаспирацией на инфаркт-ответственной артерии с догоспитальной тромболитической терапией; 3 группа (n=90) - с экстренными чрекожным вмешательством из инфаркт-ответственной артерии, без проведения тромболитической терапии и без тромбаспирации. Исходные анамнестические данные указаны в таблицы 1. Пациенты имели следующие сопоставимые характеристики: подъем сегмента ST > 0.1мм в двух смежных отведениях ЭКГ; окклюзия инфаркт ответственной артерии (TIMI 0). Как следует из таблицы, возраст больных в среднем в первой группе составил 58,6±10,5 года, во второй 59,3±8,9, в третьей группе 60,8±9,7. были преимущественно мужского пола 216(80%). выраженность сердечной недостаточности по классификация Killip представлена в таб 3. Исходные ангиографические показатели указаны в таблице 4.

Таблица 1 – Исходные анамнестические данные в изученных группах больных

Характеристики	1 группа	2 группа	3 группа
	(n=110)	(n=70)	(n=90)
Возраст, лет, M±m	58,6±10,5	59,33±8,9	60,8±9,7
Пол, мужской абс. (%)	83(75%)	63(90%)	70(77%)
Время поступления от начала ИМ, час, M±m	1,41±0,8	2,04± 0,1	1,83±1,0

Таблица 2 – Факторы риска

Характеристика, признак	1 группа(n=110)	2 группа(n=70)	3 группа (n=90)
Артериальная гипертензия(%) –абс (%)	97 (88,2%)	65 (92,9%)	84(93,3%)
Дислипидемия, абс. (%) –абс (%)	70 (63,5%)	38(54,2%)	63(70,0%)
Наследственность(%) –абс (%)	38(34,6%)	37(42,9%)	35(38,9%)
Ожирение(%) –абс (%)	24(21,8%)	21(30,0%)	25(27,8%)
Сахарный диабет(%) –абс (%)	17(15,5%)	6(6,9%)	21(23,3%)
ОНМК в анамнезе(%) –абс (%)	4(3,6%)	3(4,3%)	7(7,8%)
Язвенная болезнь (%) –абс (%)	11(10%)	4(5,7%)	15(16,7%)
ХОБЛ (%) –абс (%)	22(80,0%)	11(15,7%)	9(10,0%)
ОИМ в анамнезе	16(14,6%)	5(7,1%)	15(16,7%)
ХПН (%) –абс (%)	4(3,6%)	1(1,4%)	4(4,4%)

По данным таблицы 2 видно, что большинство пациентов страдало артериальной гипертонией 1 группа 97 (88,2%), 2 группа 65 (92,9%), 3 группа 84(93,3%), и имели такие сопутствующие заболевания ,как сахарный диабет в 1 группе 17(15,5%), во 2 группе 6(6,9%), в 3 группе 21(23,3%)

Таблица 3 – Оценка сердечной недостаточности Классификация Killip

Killip	Iст	IIст	IIIст	IVст
<b>1 группа</b> <b>(n=110)</b>	40 (36,4%)	42 (38,2%)	25 (22,7%)	3 (2,7%)
<b>2 группа</b> <b>(n=70)</b>	35 (50,0%)	25 (35,7%)	8 (11,4%)	2 (2,9%)
<b>3 группа</b> <b>(n=90)</b>	35 (38,9%)	37 (41,1%)	13 (14,4%)	5 (5,6%)

Таблица 4 – Исходные ангиографические характеристики в изученных группах больных.

Характеристики	1 группа(n=110)	2 группа(n=70)	3 группа (n=90)
Однососудистоепоражение(%) –абс (%)	40(36,4%)	28(40,0%)	36(40,0%)
Двусосудистое поражение (%) –абс (%)	35(31,8%)	29(41,4%)	26(28,9%)
Трехсосудистое поражение (%) –абс (%)	35(31,8%)	13(18,6%)	28(31,1%)
ИОА Передняя межжелудочковая ветвь (%) –абс (%)	50(45,5%)	40(51,1%)	48(53,3%)
ИОА Правая коронарная артерия (%) –абс (%)	47(42,7%)	25(35,7%)	37(41,1%)
ИОА Огибающая артерия (%) –абс (%)	13(11,8%)	5(7,1%)	2(2,2%)
тип поражения			
A1(%) –абс (%)	10(9,01%)	8(11,4%)	10(11,1%)
B1(%) –абс (%)	45(40,9%)	32(45,7%)	40(44,4%)
B2(%) –абс (%)	55(50,0%)	30(42,9%)	40(44,4%)
Ср.диаметр установленного стента (%) –абс (%)	3,2±0,3	3,0±0,5	3,2±0,5
Ср. длина установленного стента (%) –абс (%)	19±6	18±5	17±6
Левый тип кровообращения (%) –абс (%)	90(81,8%)	60(85,7%)	75(83,3%)
Правый тип кровообращения (%) –абс (%)	20(18,2%)	10(14,3%)	15(16,7%)

Таблица 5 –Частота применения тромболитических препаратов

Тромболитик	2 группа (n=70)
Актилизе	40 (57,2%)
Метализе	15 (21,4%)
Пулолаза	15 (21,4%)

В исследовании догоспитальный системный тромболизис проведен у 70 пациентов. Тромболитическая терапия проведена по показаниям т.е. инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST, время начала заболевания <5 часов. На госпитальном этапе пациенты получали терапию дезагрегантами аспирин 100 мг в сутки клопидогрель 75 мг в сутки перед эндоваскулярным лечением и 1 раз в сутки после эндоваскулярного лечения. Гепарин 80-100Ед/кг вводился перед эндоваскулярным лечением. Раствор нитроглицерина вводился пациентам с артериальным давлением не менее 100 мм.рт.ст. В 1 группе 90,5% пациентов во 2 группе 90,0% пациентов в 3 группе 91,1% пациентов ( $p>0,05$ ). Пациентам без нарушения атриовентрикулярной проводимости назначались в-адреноблокаторы в 1 группе в 90,0% случаев, во 2 группе 80,0% случаев, в 3 группе в 95,0% случаев ( $p>0,05$ ). С целью уменьшения признаков сердечной недостаточности назначались ИАПФ в 1 группе 85,5% случаев, во 2 группе 65,5% случаев, в 3 группе 80,0% случаев ( $p>0,05$ ). Для профилактики и лечения сердечной недостаточности и ее признаков назначались диуретики в 1 группе в 20,0% случаев, во 2 группе 18,0 случаев, в 3 группе в 23,0% случаев ( $p>0,05$ ). Медикаментозная терапия проведена в соответствии с требованиями по лечению острого инфаркта миокарда. Частота использования лекарственных препаратов не отличалась в изученных группах пациентов ( $p>0,05$ ). По данным таблицы 4, передняя межжелудочковая ветвь окклюзирована в большем количестве случаев отмечали окклюзию передней межжелудочковой ветви, затем в правая коронарная артерия и огибающая артерия. Рецидив Иинфаркта миокарда наблюдался в группе с тромбаспирацией у 1 пациента (1,1%) во группе с тромболизисом 0(0%), в группе со стандартным ЧКВ 3 ( $p>0,05$ ). Приступ постинфарктной стенокардии разился в следствие расширения двигательного режима. Успешно выполненные чрезожные вмешательства выполнены при каждом случае рецидива стенокардии.



Таблица 6 – Ангиографические показатели в исследуемых группах больных до лечения

		n=110	n=70	n=90
	0/1:	75(68,1%)	55 (78,6%)	59(65,5%)
T1M1	2:00	35(31,8%)	15(21,4%)	31(34,4%)
	0/1:	36(32,7%)	5(7,1%)	78(86,7%)
MBG	2:00	92(83,6%)	56(80,0%)	85(94,4%)
	3:00	14(20,0%)	14(20,0%)	5(5,6%)
TTG	0:00	41(37,2%)	21(30,0%)	31(28,1%)
	0:00	49(44,5%)	32(45,7%)	40(44,4%)
	0:00	19(17,2%)	32(45,7%)	15(16,7%)
	0:00	2(2,9%)	2(2,9%)	4(4,4%)

### Результаты

Добиться кровотока TIMI 3 после проведения тромбаспирации в 97,2% случаев, что способствовало выполнению успешного стентирования инфаркт ответственной артерии без серьезных осложнений. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в группе с проведенной тромбаспирацией ангиографические результаты лучше чем в группе без проведения данной процедуры, о чем свидетельствуют показатели TIMI В MBG. Случаи возникновения дистальной эмболизации также меньше в группе с тромбаспирацией. Таким образом изучение данного вопроса остается актуальным и в настоящее время. Внутрисосудистый тромб (TTG>3) в инфаркт-ответственной артерии одна из причин неблагоприятных результатов эндоваскулярных процедур у больных острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST, из-за возможности остатка его мелких частиц и их дислокации в дистальное коронарное русло, догоспитальны системны тромболизис, как дополнительное реолитическое воздействие на большой внутрисосудистый тромб способствовал облегчению проведения следующих этапов эндоваскулярного лечения.

Таблица 7 – Результаты в изученных группах больных после проведения чревокожного вмешательства

Характеристики		1-я группа	2-я группа	3- группа
		n=110	n=70	n=90
	0/1	1(0,091%)	0(0%)	7(7,78%)
T1M1	2	2(1,82%)	0(0%)	5(5,56%)
	3	10(9,1%)	70(100,0%)	78(86,7%)
	0/1	36(32,7%)	5(7,1%)	78(86,7%)
MBG	2	36(32,7%)	32(45,7%)	32(35,6%)
	3	64(58,1%)	33(47,1%)	42(46,7%)

### Заключение

Нужно отметить, что достичь положительного результата можно только комплексным подходом с участие тромболитической терапии и тромбаспирации. В настоящее время нет единого мнения о показаниях к тромбаспирации, особенно о ее необходимости у пациентов с догоспитальным тромболизисом. Группа с проведенным догоспитального тромболизисом и тромбаспирацией не изучалась не в одном исследовании.

### Список литературы / References

1. Stone, A. Intracoronary abciximab ab aspiration thrombectomy in patients with large anterior myocardial infarction: the INFUSE-AMI /Stone A, Maehara B, Witzenbichle G// randomized trial. JAMA.-2012.- Vol.307.- C.1817-26
2. Valente, S. Thrombus aspiration in elderly STEMI patients: A single center experience. / S. Valente, C. Lazzeri, A. Mattesini //Intern. J. Cardiol. - 2013.- Vol.168, P. 3097–3099.
3. O'Gara P.T. Guideline for the management of STElevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology Foundation. / P.T.O'Gara, F.G.Kushner, D.D. // J. Am. Coll. Cardiol. -2013.- Vol. 61.- C. 78–90.
4. Onuma Y. Randomized study to assess the effect of thrombus aspiration on flow area in patients with ST elevation myocardial infarct/ Y. Onuma, L. Thuesen, R.J.Geuns. // trial. Eur. Heart J. -2013.- Vol.34. -C.1050–1060.
5. Tanboga I.H. Determinants of angiographic thrombus burden in patients with ST-segment elevation myocardial infarction./ H.I. Tanboga, S. Topcu, E. Aksakal// Clin Appl Thromb Hemost. -2014- Vol.20- C.140-145.
6. O'Gara P.T. Guideline for the management of STElevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology Foundation. /P.T.O'Gara,G. Levine G. // J. Am. Coll. Cardiol. -2013-. Vol.61. -C.78–88.
7. Mehta S. Compulsive Thrombus Management in STEMI Interventions./S. Mehta S., J. Kostela, E. Oliveros E.// Intervent. Cardiol. Clin. -2012-. Vol.1. - C. 485–505.
8. Costopoulos C. Use of thrombectomy devices in primary percutaneous coronary intervention: a systematic review and metaanalysis./ C. Costopoulos, D. A. Gorog D, C. Di Mario. // Intern. J. Cardiol.- 2013.- Vol.163.- C.229–241.

9. De Carlo M. A prospective randomized trial of thrombectomy versus no thrombectomy in patients with STsegment elevation myocardial infarction and thrombus-rich lesions: MUSTELA (MULTIdevice Thrombectomy in Acute STSegment Elevation Acute Myocardial Infarction). / M. De Carlo M, G.D.Aquaro, C. Palmieri// trial. JACC. Cardiovasc. Interv. -2012. Vol.5. - P. 1223–1230.
10. Levine G.N. ACCF/AHA/SCAI guideline for percutaneous coronary intervention: a report of the American College of Cardiology Foundation / American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. / G.N. Levine, E.R. Bates, J.C. Blankenship. // J Am Coll Cardiol. -2012-. Vol.58.-C. 44-122.
12. Fröbert O. Thrombus aspiration during STsegment elevation myocardial infarction. /O. Fröbert O, B. Lagerqvist, G.K. Olivecrona. // N. Engl. J. Med. -2013.- Vol.369.-C. 1587–1597.
13. Dziewierz A. Minerva Cardioangiolog of MGuard coronary stent system./A. Dziewierz, D. Dudek, C. Trani. // Advantages -2012. - Vol.60. – P. 141-3
14. Burzotta F. Manual thrombus aspiration improves myocardial reperfusion: the randomized evaluation of the effect of mechanical reduction of distal embolization by thrombus aspiration in primary and rescue angioplasty (REMEDIA)/F. Burzotta, C.Trani, E. Romagnoli.// trial. J. Am. Coll. Cardiol. -2011.- Vol.46. C.- 371-376.
15. Silva-Orrego P. Thrombus Aspiration Before Primary Angioplasty Improves Myocardial Reperfusion in Acute Myocardial Infarction: The DEAR-MI (Dethrombosis to Enhance Acute Reperfusion in Myocardial Infarction)/ P. Silva-Orrego, P. Colombo, R. Bigi //Study. J Am Coll Cardiol -2012.- Vol.24.-C. 48-55.
16. Armstrong P. A comparison of pharmacologic therapy with/without timely coronary intervention vs. primary percutaneous intervention early after ST-elevation myocardial infarction: the WEST (Which Early ST-elevation myocardial infarction Therapy) study/ Armstrong P. // Eur Heart J. -2010. - Vol.27. -P. 1530- 1538.
17. Silva-Orrego P. Thrombus Aspiration Before Primary Angioplasty Improves Myocardial Reperfusion in Acute Myocardial Infarction: The DEAR-MI (Dethrombosis to Enhance Acute Reperfusion in Myocardial Infarction)/ P. Silva-Orrego, P. Colombo, R. Bigi //Study. J Am Coll Cardiol -2012.- Vol 48. - P.55-75.
18. Fernandez-Aviles F. GRACIA-2 (Grupo de Analisis de Cardiopatía Isquémica Aguda) Investigators. Primary angioplasty vs. early routine post-fibrinolysis angioplasty for acute myocardial infarction with ST- segment elevation: the GRACIA-2 non-inferiority, randomized, controlled trial / F. Fernandez-Aviles, J J. Alonso, G. Pena // Eur Heart J .- 2011 .- Vol 28.- P. 949 - 960.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.025>

Котляров С.Н.<sup>1</sup>, Кузьмина М.С.<sup>2</sup>, Котлярова А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-7083-2692, кандидат медицинских наук ; <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-5943-7536, студент, <sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-0676-7558, аспирант, ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России

### ОЦЕНКА ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫДЫХАЕМОГО ВОЗДУХА У СПОРТСМЕНОВ С БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМОЙ

#### Аннотация

*В статье рассматривается анализ инновационного способа ранней диагностики и контроля над течением бронхиальной астмы - измерение температуры выдыхаемого воздуха. Проведена оценка температуры выдыхаемого воздуха у здоровых спортсменов и у спортсменов с бронхиальной астмой до и после физической нагрузки. Установлено, что бег вызывает достоверное повышение температуры выдыхаемого воздуха, но данное повышение достоверно не отличается у здоровых бегунов и пациентов с контролируемой БА.*

**Ключевые слова:** респираторные заболевания, бронхиальная астма, температура выдыхаемого воздуха.

Kotliarov S.N.<sup>1</sup>, Kuzmina M.S.<sup>2</sup>, Kotliarova A.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-7083-2692, MD; <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-5943-7536, Student, <sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-0676-7558, Postgraduate Student, FSBEI of Higher Education Ryazan State Medical University at the Russian Health Ministry

### MEASUREMENT OF EXHALED AIR TEMPERATURE AMONG ATHLETES WITH BRONCHIAL ASTHMA

#### Abstract

*The article considers the analysis of the innovative method of early diagnosis and control over the course of bronchial asthma – the measurement of the exhaled air temperature. The temperature of the exhaled air was evaluated among healthy athletes and athletes with bronchial asthma before and after physical exercises. It was found that running causes a significant increase in the temperature of the exhaled air, but this increase is not significantly different among healthy runners and patients with controlled asthma.*

**Keywords:** respiratory diseases, bronchial asthma, temperature of exhaled air.

Бронхиальная астма (БА) является широко распространенным социально значимым заболеванием. Многочисленные эпидемиологические исследования, проведенные как в России, так и за рубежом, свидетельствуют о проблемах ранней диагностики бронхиальной астмы, недостаточном контроле над ее течением у многих пациентов.

Особый интерес исследователей вызывает БА у спортсменов. Интерес обусловлен тем, что физическая нагрузка может рассматриваться как причина БА физического усилия. Возможными механизмами, объясняющими развитие приступов, являются осмотическая (высыхание дыхательных путей) и температурная гипотезы (нагревание дыхательных путей), приводящие к высвобождению медиаторов воспаления, которые вызывают сокращение гладких мышц дыхательных путей.

Целью настоящей работы был анализ влияния физических нагрузок у здоровых спортсменов и спортсменов с БА на температуру выдыхаемого воздуха.

### Материалы и методы

Работа выполнена в ФГБОУ ВО РязГМУ Минздрава России. В исследование включены легкоатлеты, занимающиеся бегом: 6 пациентов с контролируемой БА и 8 здоровых добровольцев группы контроля (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика опытной и контрольной группы

	Пациенты с БА (n - 6)	Группа контроля (n - 8)	Достоверность различий
Пол, мужчины	6 (100%)	5 (62,5%)	> 0,05
Возраст, лет	31 (26; 39)	29 (24; 41)	>0,05
Индекс массы тела	21,7 ± 2,1	21,2 ± 1,9	>0,05
Количество часов тренировок в предыдущую неделю	5,1 ± 2,6	5,2 ± 3,4	>0,05
ОФВ1, в % от должных значений	101,1 (97,7-118,6)	109,8 (99,2-121,3)	>0,05
ОФВ1/ФЖЕЛ	84,1 (76,9-87,8)	87,2 (82,6-92,1)	>0,05

Для участия в исследовании субъект должен был отвечать всем следующим критериям: легкоатлет, занимающийся бегом не менее 5 лет; в возрасте ≥18 лет; с объемом тренировок в неделю для женщин 15-30 км, для мужчин 25-60 км; без респираторной инфекции в течение последних 3 недель. Перед началом исследования было получено разрешение локального этического комитета, все испытуемые получили подробную инструкцию по участию в исследовании, подписали добровольное информированное согласие на участие. Термометрия в подмышечной впадине, проведенная перед каждым исследованием, выявила нормальные значения температуры тела. Всем испытуемым для исключения гипервентиляционного синдрома проведена оценка с использованием Наймингенского опросника.

Критериями исключения из участия в исследовании были: курение в анамнезе; употребление пищи, кофе, алкоголя в день проведения исследования; в анамнезе есть сведения о хронических заболеваниях органов дыхания, ЛОР-органов, сердечно-сосудистой системы, печени, почек, органических поражениях головного мозга, особенно связанных с риском развития судорожных состояний, сахарного диабета, наличие аллергических реакций/заболеваний; установлен факт беременности, кормления грудью; установлено наличие онкологических заболеваний, туберкулеза, ВИЧ-инфекции, алкогольной и/или наркотической зависимости; наличие в анамнезе дисфункциональных расстройств дыхания.

Оценка температуры выдыхаемого воздуха производилась с помощью устройства собственной разработки, где в качестве термоэлемента использовался датчик с разрешением 0,01 °C в заданном диапазоне температур, с возможностью отклика на изменение температуры 2 секунды.

Исследование проводили всем пациентам в спокойном состоянии в положении стоя между 9 и 10 часами утра натощак после полоскания полости рта водой за 5 минут до тренировки (бег 5 километров по ровной местности в обычном темпе) и через 5 минут после тренировки в соответствии с известными методами [2]. Всех пациентов просили свободно вдыхать через нос и выдыхать в устройство со скоростью и глубиной, типичными для их нормального дыхательного ритма до тех пор, пока температура не достигала стабильных значений.

Спирометрия проводилась по стандартной методике на портативном спирометре MicroPlus фирмы Micro Medical.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием компьютерной программы STATISTICA 8,0 (StatSoft Inc., 2012). В таблицах представлены среднее арифметическое значение (Mean), стандартное отклонение (SD) (для данных, имеющих нормальное распределение), а также медиана (Median), верхний и нижний квартили (Iq; uq) (для данных имеющих распределение отличное от нормального). Характер распределения оценивали по критерию Шапиро-Уилка.

Для расчетов статистической значимости изменений использовали критерий Стьюдента для несвязанных выборок (при нормальном распределении данных) или критерий Манна-Уитни (при распределении данных, отличным от нормального).

### Результаты и их обсуждение

В результате исследования установлено, что температура выдыхаемого воздуха у пациентов с контролируемой БА и здоровых лиц достоверно не различается (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты исследования

	Пациенты с БА (n - 6)	Группа контроля (n - 8)	Достоверность различий
Температура выдыхаемого воздуха до тренировки, °C	32,50 ± 0,39	32,27 ± 0,33	>0,05
Температура выдыхаемого воздуха после тренировки, °C	32,76 ± 0,51	32,58 ± 0,43	>0,05
Температура тела до тренировки °C	35,97 ± 0,42	36,15 ± 0,25	>0,05
Температура тела после тренировки °C	36,03 ± 0,27	36,01 ± 0,31	>0,05

После тренировки температура выдыхаемого воздуха достоверно выше ( $p=0,001$ ), чем до тренировки в обеих группах, что соответствует известным литературным данным о потерях тепла во время тренировки. Полученные результаты соответствуют известным литературным данным о том, что на фоне физической нагрузки отмечается увеличение температуры выдыхаемого воздуха у пациентов с БА по сравнению со здоровыми лицами группы контроля [3]. Было показано, что у взрослых и детей с БА температура выдыхаемого воздуха коррелирует с бронхиальным кровотоком, уровнями NO и эозинофилами мокроты [3], [4], [5], [6].

Интересно, что у спортсменов с БА не отмечено более высокого увеличения температуры выдыхаемого воздуха по сравнению с здоровыми лицами. Эти результаты могут свидетельствовать о том, что потери тепла являются физиологическими, а не патологическими реакциями на физические упражнения. Кроме того, не наблюдается корреляции между температурой выдыхаемого воздуха со степенью бронхиальной реактивности. Поэтому можно предположить, что воспалительный ответ на потерю тепла может не быть ключевым этиопатогенетическим механизмом БА у спортсменов. Данные результаты согласуются с другими исследованиями, изучающими связь температуры выдыхаемого воздуха с БА физического усилия [7], [8], [9], [10]. В данных исследованиях показано увеличение температуры выдыхаемого воздуха после стандартизированных нагрузок в лаборатории, но не наблюдалось различий между пациентами с БА и здоровыми лицами группы [7], [8], [9]. Физиологическим механизмом, обуславливающим повышение температуры выдыхаемого воздуха является увеличение числа перфузированных альвеол и повышение их кровоснабжения. Поэтому вполне логично ожидать физиологического увеличения температуры в дыхательных путях, связанного с капиллярным механизмом, вместо патологического механизма, связанного с вазодилатацией, вызванной воспалением. Это согласуется с ранее обнаруженной отсутствием корреляции между уровнями оксида азота с температурой выдыхаемого воздуха после тренировки [7], а также отсутствием корреляции с количеством воспалительных клеток мокроты [9].

Таким образом, бег вызывает достоверное повышение температуры выдыхаемого воздуха, но данное повышение достоверно не отличается у здоровых бегунов и пациентов с контролируемой БА.

#### Список литературы / References

1. Melo R.E. Exhaled breath temperature, a new biomarker in asthma control: a pilot study / R.E. Melo, T.A. Popov, D. Solé // J. Bras. Pneumol. - 2010. - Vol. 36, № 6. - P. 693-699.
2. Popov T. A. Evaluation of a simple, potentially individual device for exhaled breath temperature measurement / T.A. Popov [et al.] // Respir. Med. - 2007. - Vol. 101. - P. 2044-2050.
3. Piacentini G. L. Exhaled air temperature in asthma: methods and relationship with markers of disease / G.L. Piacentini [et al.] // Clin. Exp. Allergy. - 2007. - Vol. 37. - P. 415-419.
4. Piacentini G. L. Relationship between exhaled air temperature and exhaled nitric oxide in childhood asthma / G. L. Piacentini [et al.] // Eur. Respir. J. - 2002. - Vol. 20. - № 1. - P. 108-111.
5. Paredi P. Correlation of exhaled breath temperature with bronchial blood flow in asthma / P. Paredi, S.A. Kharitonov, P.J. Barnes // Respir. Res. - 2005. - № 6. - P. 1-10.
6. Popov T. A. Human exhaled breath analysis / T.A. Popov // Ann. Allergy Asthma Immunol. - 2011. - Vol. 106, № 6. - P. 451-456.
7. Svensson H. Exhaled breath temperature increases after exercise in asthmatics and controls / H. Svensson [et al.] // Respiration. - 2012. - Vol. 84. - P. 283-290.
8. Tufvesson E. Increase of club cell (Clara) protein (CC16) in plasma and urine after exercise challenge in asthmatics and healthy controls, and correlations to exhaled breath temperature and exhaled nitric oxide / E. Tufvesson [et al.] // Respir. Med. - 2013. - Vol. 107. - P. 1675-1681.
9. Couto M. Exhaled breath temperature in elite swimmers: the effects of a training session in adolescents with or without asthma / M. Couto [et al.] // Pediatr. Allergy Immunol. - 2015. - Vol. 26. - №6. - P. 564-570.
10. Couto M. Effect of competitive swimming on airway inflammation: a 3 year longitudinal study / M. Couto [et al.] // Pediatr Allergy Immunol. - 2014. - Vol. 25. - № 2. - P. 193-195.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.082>Малев А.Л.<sup>1</sup>, Репинская И.Н.<sup>2</sup>, Мельник Н.Ю.<sup>3</sup>, Калиберденко В.Б.<sup>4</sup>, Захарова А.Н.<sup>5</sup> Кузнецов Э. С.<sup>6</sup><sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-3126-1997, кандидат медицинских наук, доцент,

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского;

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-6200-1699, ассистент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского;<sup>3</sup> ORCID: 0000-0003-2422-954X, студент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского;<sup>4</sup> ORCID: 0000-0003-1693-3190, кандидат медицинских наук, доцент,

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского;

<sup>5</sup> ORCID: 0000-0001-6243-3360, кандидат медицинских наук, доцент,

Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского;

<sup>6</sup> ORCID: 0000-0001-8309-7810, ассистент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского**КОГНИТИВНО-ПСИХОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПАЦИЕНТОВ С ПЕРВИЧНЫМ  
ГИПОТИРЕОЗОМ ДО И ПОСЛЕ ЛЕЧЕНИЯ****Аннотация**

*В статье проведен обзор информации, касающейся когнитивных расстройств при первичном гипотиреозе. Были обследованы 36 женщин в возрасте 45-65 лет с первичным гипотиреозом в период декомпенсации (при поступлении) и через 10 дней после лечения левотироксином натрия в стационаре. Произведен анализ и дана сравнительная оценка результатов психометрических шкал, оценивающих когнитивные расстройства, до и после лечения в стационаре пациентов с первичным гипотиреозом. Были сформированы рекомендации для практического здравоохранения по поводу внедрения регулярного мониторинга когнитивных функций для данных пациентов.*

**Ключевые слова:** гипотиреоз, когнитивные расстройства, психометрические шкалы.

Malev A.L.<sup>1</sup>, Repinskaya I.N.<sup>2</sup>, Melnik N.Yu.<sup>3</sup>, Kaliberdenko V.B.<sup>4</sup>, Zakharova A.N.<sup>5</sup> Kuznetsov E.S.<sup>6</sup><sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-3126-1997, MD, Associate Professor, V.I. Vernadsky Crimean Federal University;<sup>2</sup> ORCID: 0000-0001-6200-1699, Assistant, V.I. Vernadsky Crimean Federal University;<sup>3</sup> ORCID: 0000-0003-2422-954X, Student, V.I. Vernadsky Crimean Federal University;<sup>4</sup> ORCID: 0000-0003-1693-3190, MD, Associate Professor, V.I. Vernadsky Crimean Federal University;<sup>5</sup> ORCID: 0000-0001-6243-3360, MD, Associate Professor, V.I. Vernadsky Crimean Federal University;<sup>6</sup> ORCID: 0000-0001-8309-7810, Assistant, V.I. Vernadsky Crimean Federal University**COGNITIVE PSYCHOMETRIC INDICES OF PATIENTS WITH PRIMARY HYPOTHYROIDISM BEFORE AND  
AFTER TREATMENT****Abstract**

*The article reviews information on cognitive disorders in cases of primary hypothyroidism. We examined 36 women aged 45-65 years old with primary hypothyroidism during decompensation (at admission) and 10 days after the treatment with levothyroxine sodium in the hospital. We made analysis and conducted comparative evaluation of the results of psychometric scales assessing cognitive disorders before and after the treatment of patients with primary hypothyroidism in the hospital. Recommendations on practical public health and the introduction of regular monitoring of cognitive functions of these patients are formulated.*

**Keywords:** hypothyroidism, cognitive disorders, psychometric scales.

**Актуальность.** Патология щитовидной железы (ЩЖ) занимает второе место среди эндокринологических заболеваний. Распространенность гипотиреоза составляет порядка 2%, а в отдельных возрастных группах (женщины пожилого возраста) может достигать 6-8%. Дефицит гормонов щитовидной железы замедляет развитие мозговой ткани и угнетает высшую нервную деятельность, что и приводит к гипотиреоидной энцефалопатии, которая характеризуется снижением психической активности и интеллекта, ослаблением условной и безусловной рефлекторной деятельности. При гипотиреозе поражается большинство органов и систем, что проявляется различной клинической картиной. Кроме обычных проявлений, может превалировать симптоматика, характерная для поражения какой-либо определенной системы. Этот факт иногда затрудняет диагностику гипотиреоза. Но, несмотря на множество симптомов, присущих гипотиреозу, наиболее выраженные изменения наблюдаются со стороны нервной системы и психики. Эти нарушения нарастают по мере прогрессирования заболевания [1]. Гипотиреоз часто приводит к развитию гипотиреоидной энцефалопатии, также проявляющейся изменениями высших психических функций [2], [3]. При неврологических, соматических и эндокринных заболеваниях частым проявлением синдрома энцефалопатии являются именно когнитивные расстройства. Причиной этому служат дисгормональные и метаболические нарушения, дисрегуляция вегетативной нервной системы. Недостаток гормонов ЩЖ приводит к замедлению всех обменных процессов в организме, уменьшению окислительно-восстановительных реакций и показателей основного обмена. Дефицит тиреоидных гормонов сопровождается накоплением в тканях гликопротеидов (гликозаминогликанов и гиалуроновой кислоты), обладающих высокой гидрофильностью и способствующих развитию слизистого отека (микседемы) [4]. Из этого следует, что влияние на развитие энцефалопатии оказывает не только недостаток гормонов ЩЖ, но и вторичные патогенные факторы, вызывающие ишемию и гипоксию головного мозга [2]. Хроническая недостаточность мозгового кровообращения на фоне гипотиреоза усугубляет течение заболевания и проявляется более выраженными когнитивными расстройствами, что объясняется смешанным характером энцефалопатии у гипотиреоидных пациентов – сосудистой и метаболической. У пациентов с хронической недостаточностью мозгового кровообращения при гипотиреозе выявлено нарушение нескольких когнитивных функций (памяти, праксиса, гнозиса). Прогрессирование расстройств высших корковых функций зависит от стадии и длительности заболевания [5]. Имеется предположение, что нарушения вызванные метаболическим дисбалансом, могут быть обратимы, если будет назначена адекватная заместительная терапия [6], [7]. Но имеются данные, что при достижении эутиреоидного

состояния у больных могут сохраняться когнитивные расстройства. При лечении левотироксином натрия гипотиреоза отмечается снижение уровня ТТГ в сыворотке крови и объем ЩЖ. Но несмотря на то, что заместительная терапия снижает дисрегуляторные расстройства вегетативной нервной системы, уровень парасимпатического тонуса остается довольно высоким. В виду чего снижаются адаптационные функции организма, что обуславливает повышение уровня тревоги и депрессии, ухудшает познавательные функции [8]. Также есть данные о негативном влиянии левотироксина натрия на когнитивные функции у больных гипотиреозом [8], [9].

Тем не менее, до настоящего времени в доступных источниках крайне мало и недостаточно уделяется внимание мониторингу когнитивных расстройств при гипотиреозе с помощью психометрических методик, позволяющих количественно оценить данные расстройства.

**Материал и методы.** Были обследованы 36 женщин в возрасте 45-65 лет с первичным гипотиреозом в период декомпенсации (при поступлении) и через 10 дней после лечения левотироксином натрия в стационаре. Диагноз основного заболевания щитовидной железы устанавливался врачом-эндокринологом на основании критериев диагностики заболеваний щитовидной железы, подтвержден данными лабораторного анализа уровня гормонов ЩЖ и УЗИ ЩЖ. Для оценки психического состояния и когнитивных функций использовались методы: клиничко-анамнестический, клиничко-психопатологический и, для количественной верификации когнитивных расстройств, – психометрический (шкала FAB, MMSE, таблица Шульте, тест рисования часов) [10]. Для обработки и анализа полученных данных использовались методы графического анализа и описательной статистики.

#### **Результаты исследования.**

Результаты, полученные по шкале MMSE (рис.1), свидетельствуют об отсутствии до начала лечения когнитивных дисфункций у 45% пациентов; у 33% отмечались легкие когнитивные расстройства; у 11% – умеренные преддементные когнитивные расстройства; у 11% отмечена легкая степень дисмнестической деменции. После лечения отсутствие когнитивных расстройств увеличилось на 10% и отмечалось у 56% пациентов; легкие когнитивные расстройства сократились на 11%; процентное отношение умеренных когнитивных расстройств и легкой дисмнестической деменции не изменилось, составляя 11%, что может свидетельствовать о необратимости последствий в результате длительной декомпенсации.



Рис. 1 – Шкала MMSE

Результаты, полученные по шкале FAB (рис. 2), показали отсутствие до лечения лобных дисфункций у 44% пациентов, что сопоставимо с показателями предыдущей шкалы. У 28% определялись легкие лобные дисфункции; у 22% – умеренные лобные дисфункции; у 6% лобные дисфункциональные когнитивные расстройства соответствовали легкой лобной деменции. Таким образом, в целом, лобные когнитивные дисфункции продемонстрировали лучший отклик на терапию левотироксином натрия, чем дисмнестические, что отразилось в переходе их в более легкую форму. В частности, после 10 дневного лечения левотироксином натрия исчезли показатели, соответствующие легкой лобной деменции, на 5% сократились умеренные лобные дисфункции и на 11% увеличились показатели, соответствующие норме.

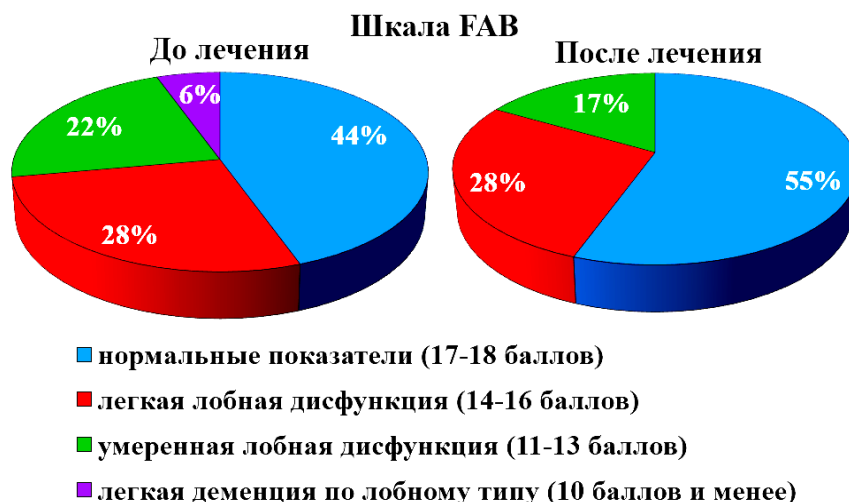


Рис. 2 – Шкала FAB

По результатам таблицы Шульте (рис. 3.), до лечения у 17% пациентов не отмечалось расстройств внимания; у 50% отмечены легкие расстройства внимания; у 33% - умеренные расстройства внимания. После лечения отмечен прирост в 11% среди пациентов, у которых не отмечается расстройств внимания по таблице Шульте, и положительная динамика по данному показателю – на 6% сократились легкие и на 5% умеренные расстройства внимания.



Рис. 3 – Таблица Шульте

Результаты теста рисования часов (рис. 4), отвечающие за зрительно-пространственный гнозис и конструктивный праксис, показали, что до лечения у 50% пациентов расстройств данных функций не обнаруживается; у 22% отмечались легкие расстройства; у 28% – умеренные расстройства зрительно-пространственного гнозиса и конструктивного праксиса. После лечения, также, как и по другим психометрическим шкалам, при данном тесте отмечается прирост в 11% среди пациентов у которых не отмечается расстройств и положительная динамика у значительной части пациентов в виде сокращения умеренных расстройств на 17% с переходом их в легкую форму.



Рис. 4 – Тест рисования часов

**Выводы.**

1. Значительная часть пациентов первичным гипотиреозом имеет когнитивные расстройства разной степени выраженности, в связи с чем можно рекомендовать для практического здравоохранения внедрение регулярного мониторинга когнитивных функций для данных пациентов.

2. В результате лечения левотироксином натрия больных с первичным гипотиреозом в большинстве случаев отмечается улучшение показателей их когнитивных функций, верифицируемое скрининговыми психометрическими методиками.

**Список литературы / References**

1. Фадеев В. В. Диагностика и лечение гипотиреоза / В. В. Фадеев // РМЖ. – 2004. – № 9 (12). – С. 569–572.
2. Нефедова Е.В. Роль системных компонентов в нарушении когнитивных функций у больных с различными формами гипотиреоза. / Е. В. Нефедова, Т. Е. Курильская, А. А. Рунович // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2007. – №6(58). – С. 113–118.
3. Шпрах В. В. Влияние заместительной гормональной терапии левотироксином на состояние когнитивных функций и психоэмоциональные нарушения у больных первичным гипотиреозом / В. В. Шпрах, Е. В. Нефедова, Т. Е. Курильская и др. // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2008. – №3. – С.56–61.
4. Петунина Н.А. Синдром гипотиреоза / Н.А. Петунина // РМЖ. – 2005. – Т.13. – № 6 (230). – С. 295–301.
5. Баранова Г. А. Когнитивные расстройства у больных с хронической недостаточностью мозгового кровообращения при гипотиреозе. / Г. А. Баранова // Известия высших учебных заведений (Поволжье). – 2011. – №2. – С.65–72.
6. Haggerty J., Prange A. Subclinical hypothyroidism: a review of neuropsychiatric aspects / J. Haggerty, A. Prange // Annu. Rev. Med. – 1995. – Vol.46. – P. 37–46.
7. Tremont G., Stern R.A., Westervelt H. J. Neurobehavioral functioning in thyroid disorders / G. Tremont, R. A. Stern, H. J. Westervelt // Med. Health. R. I. – 2003. – Vol. 86. – №10. – P. 318–322.
8. Davis J.D., Stern R.A., Flashman L.A. Cognitive and neuropsychiatric aspects of subclinical hypothyroidism:significance in the elderly / J.D. Davis, R. A/ Stern, L. A. Flashman // Curr. Psychiatry Rep. - 2003. – № 5(5). – P. 384–390.
9. Siegmund W., Spieker K., Weike A.I., et al. Replacement therapy with levothyroxine plus triiodthyronine (bioavailable molar ratio 14:1) is not superior to thyroxine alone to improve well-being and cognitive performance in hypothyroidism / W. Siegmund, K. Spieker, A. I. Weike, et al. // Clin. Endocrinol. (Oxf). – 2004. – № 6(60). – P. 750–757.
10. Мищенко Т. С., Шестопалова Л. Ф. Клинические шкалы и психодиагностические тесты в диагностике сосудистых заболеваний головного мозга / Т.С. Мищенко, Л.Ф. Шестопалова // Новости медицины и фармации. Неврология и психиатрия. – 2009. – № 277. – С. 62–74.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Fadeev V. V. Diagnostika i lecheniye gipoterioza [Diagnostics and Treatment of Hypothyroidism] / V. V. Fadeev // RMJ. – 2004. – No. 9 (12). – P. 569–572.
2. Nefedova E.V. Rol sistemnykh komponentov v narushenii kognitivnykh funktsiy u bolnykh s razlichnymi formami gipoterioza [Role of System Components in the Violation of Cognitive Functions of Patients with Various Forms of Hypothyroidism. / E. V. Nefedova, T. E. Kuril'skaya, A. A. Runovich // Bulletin of the East Siberian Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences. – 2007. – No.6 (58). – P. 113–118.
3. Shprakh V. V. Vliyaniye zamestitel'noy gormonal'noy terapii levotiroksinom na sosoyaniye kognitivnykh funktsiy i psikhoemotsional'nye narusheniya u bolnykh pervichnym gipoteriozom [Effect of Hormone Replacement Therapy with Levothyroxine on the State of Cognitive Functions and Psychoemotional Disorders of Patients with Primary Hypothyroidism] / V. V. Shprakh, E. V. Nefedova, T. E. Kuril'skaya et al. // Siberian Medical Journal (Irkutsk). – 2008. – No.3. – P.56–61.
4. Petunina N.A. Sindrom gipoterioza [Hypothyroidism Syndrome] / N.A. Petunina // RMJ. – 2005. – V.13. – No.6 (230). – P. 295–301.
5. Baranova G. A. Kognitivniye rasstroistva u bolnykh s khronicheskoi nedostatochnostiu mozgovogo krovoobrashcheniya pri gipoterioze [Cognitive Disorders of Patients with Chronic Cerebral Circulatory Failure in Case of Hypothyroidism]. / G. A. Baranova // News of Higher Educational Institutions (Volga region). – 2011. – No.2. – P.65–72.
6. Haggerty J., Prange A. Subclinical hypothyroidism: a review of neuropsychiatric aspects / J. Haggerty, A. Prange // Annu. Rev. Med. – 1995. – Vol.46. – P. 37–46.
7. Tremont G., Stern R.A., Westervelt H. J. Neurobehavioral functioning in thyroid disorders / G. Tremont, R. A. Stern, H. J. Westervelt // Med. Health. R. I. – 2003. – Vol. 86. – No.10. – P. 318–322.
8. Davis J.D., Stern R.A., Flashman L.A. Cognitive and neuropsychiatric aspects of subclinical hypothyroidism:significance in the elderly / J.D. Davis, R. A/ Stern, L. A. Flashman // Curr. Psychiatry Rep. - 2003. – No.5 (5). – P. 384–390.
9. Siegmund W., Spieker K., Weike A.I., et al. Replacement therapy with levothyroxine plus triiodthyronine (bioavailable molar ratio 14:1) is not superior to thyroxine alone to improve well-being and cognitive performance in hypothyroidism / W. Siegmund, K. Spieker, A. I. Weike, et al. // Clin. Endocrinol. (Oxf). – 2004. – No.6 (60) – P. 750–757.
10. Mishchenko T. S., Shestopalova L. F. Klinicheskiye shkaly i psikhodiagnosticheskiye testy v diagnostike sosudistyykh zabolevaniy golov'nogo mozga [Clinical Scales and Psychodiagnostic Tests in the Diagnosis of Cerebrovascular Diseases] / T.S. Mishchenko, L.F. Shestopalova // News of Medicine and Pharmacy. Neurology and Psychiatry. – 2009. – No.277. – P. 62–74.



DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.021>

Матейкович Е.А.

ORCID: 0000-0002-2612-7339, Кандидат медицинских наук, доцент,

Тюменский государственный медицинский университет

# ЗАЩИТА ИНТЕРЕСОВ МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ ПРИ РАССМОТРЕНИИ ВОПРОСОВ О НЕНАДЛЕЖАЩЕМ ОКАЗАНИИ АКУШЕРСКО-ГИНЕКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОМОЩИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## Аннотация

В статье приведен обзор современной, преимущественно отечественной, литературы по вопросам дефектов оказания акушерско-гинекологической помощи. Не отрицая реальности существования проблемы некачественного оказания медицинской помощи, ряд авторов отмечает нарастание проявлений «потребительского экстремизма» среди пациентов и их родственников, направленного на получение необоснованной материальной выгоды за счет лечебно-профилактических учреждений и медицинских работников. Медицинская деятельность также привлекает повышенное внимание контролирующих органов, средств массовой информации, различных общественных организаций. В результате ученые свидетельствуют о появлении феномена «defensive medicine» (защитной медицины), который заключается в предпочтении врачами методов диагностики и лечения по принципу минимизации вероятности потенциальных рисков, а не эффективности, целесообразности и достаточности. Большинство авторов связывают дефекты оказания медицинской, в том числе акушерско-гинекологической помощи, с врачебными ошибками, основанными на добросовестном заблуждении, за которое врач не должен нести уголовную ответственность. В литературе указывается на необходимость страхования ответственности врачей и медицинских организаций и на причины, по которым такое страхование не стало повсеместным явлением.

**Ключевые слова:** акушерско-гинекологическая помощь, дефекты оказания медицинской помощи, врачебная ошибка, страхование профессиональной ответственности.

Matejkovic E.A.

ORCID: 0000-0002-2612-7339, MD, Associate professor,

Tyumen State Medical University

# PROTECTION OF INTERESTS OF MEDICAL WORKERS IN CONSIDERATION OF ISSUES ABOUT NON-DELICIOUS PROVISION OF OBSTETRIC AND GYNECOLOGICAL ASSISTANCE (LITERATURE REVIEW)

## Abstract

The article gives an overview of contemporary, mostly domestic literature on defects in the provision of obstetric and gynecological care. Without denying the reality of the problem of poor quality medical care, a number of authors note the increase in manifestations of "consumer extremism" among patients and their relatives aimed at obtaining unreasonable material benefits at the expense of medical and preventive institutions and medical workers. Medical activity also attracts increased attention of controlling bodies, mass media, various public organizations. As a result, scientists testify to the emergence of the phenomenon of "defensive medicine", which means that doctors preferring methods of diagnosis and treatment based on the principle of minimizing the likelihood of potential risks, rather than effectiveness, appropriateness and sufficiency. Most authors associate defects in the provision of medical, including obstetric and gynecological care, with medical errors based on a conscientious delusion, for which the doctor should not be held criminally liable. The literature indicates the need to insure the liability of doctors and medical organizations and the reasons why such insurance has not become a universal phenomenon.

**Keywords:** obstetric-gynecological care, defects in the provision of medical care, medical error, professional liability insurance.

## 1. Медицинская помощь или медицинская услуга?

Медицинская помощь уникальна в своем роде, как бы эту уникальность не принижали, приводя в пример другие специфические сферы человеческой деятельности [1, С. 35-38]. Более убедительны те авторы, которые указывают на значительные нервно-психические и физические перегрузки, испытываемые, прежде всего, врачом, его социальную ответственность, высокие требования к уровню компетенции, навыкам и умениям, постоянные риски [2, С. 9].

Медицинская помощь в целом и акушерско-гинекологическая помощь в частности не сводится к совершению определенных действий или осуществлению определенной деятельности в интересах пациента. Она призвана помочь человеку, то есть содействовать ему в том, чтобы сохранить и укрепить свое здоровье, распознать его состояние, установить факт наличия или отсутствия заболеваний, устранить или облегчить проявления заболеваний либо состояний пациента, восстановить или улучшить его здоровье, трудоспособность и качество жизни.

Многое, если не все в этом процессе зависит от самого пациента, который должен вести здоровый образ жизни, избегать неоправданного риска, при обращении к врачу максимально точно и конкретно изложить свои жалобы, выполнять рекомендации врача, возможно, в течение всей своей жизни.

Тем не менее, в судебной практике любая акушерско-гинекологическая помощь, в том числе оказываемая гражданам за счет средств ОМС, рассматривается как медицинская услуга, а пациент признается ее потребителем.

На практике это приводит к тому, что, проиграв спор с пациентом или его представителями о возмещении материального и морального вреда, ЛПУ вынуждены нести по таким искам дополнительные финансовые потери в виде штрафов за несоблюдение добровольного порядка удовлетворения требований потребителя.

## 2. Проблема «потребительского экстремизма»

Рассмотрение медицинской помощи как разновидности услуг, повышенное внимание к проблемам здравоохранения со стороны средств массовой информации и пользователей сети Интернет, пропаганда разрешения

споров с медицинскими организациями в пользу пациента обусловили появление «потребительского экстремизма» [3, С. 6], [4, С. 123].

«Потребительский экстремизм» в сфере оказания медицинской помощи – это стремление к извлечению материальной выгоды за счет лечебно-профилактических учреждений при отсутствии признаков некачественного оказания медицинской помощи или явного преувеличения допущенных дефектов.

При этом в отличие от сфер торговли, общественного питания, бытового обслуживания населения, адаптированных к возможным претензиям со стороны населения, медицинские организации и медицинские работники оказались неподготовленными к неправомерным материальным притязаниям пациентов и их родственников. Такая ситуация отвлекает силы врача, создает нервозность в медицинском мире, и все это происходит на фоне активности различного рода союзов защиты прав потребителей, растущей грамотности пациентов [3, С. 6], [2, С. 60].

Можно согласиться с тем, что публикации в СМИ дают толчок защите прав и интересов пациента в борьбе с реально существующей честью мундира и круговой порукой [5, С. 7], однако проблемы прав пациентов и прав медицинских работников по отдельности не существуют, поэтому «незащищенный» врач не может эффективно защищать своего пациента [2, С. 9].

В проведенном в 2012 году исследовании Е.Х. Баринов и П.О. Ромодановский отмечали, что российский врач и пациент в своих взаимоотношениях далеко не равны. Деятельность врача могут проверить, по их оценке, семь различных инстанций [6, С. 44-48], хотя мы утверждаем, что семь – это далеко не полное число.

Риск ошибок в медицинской деятельности очень велик. Старченко А.А. приводят данные ВОЗ, согласно которым в развитых странах при оказании медико-санитарной помощи причиняется вред каждому десятому пациенту, у каждой из 20 женщин в родах отмечаются серьезные повреждения родовых путей. При неизбежности подобных ошибок медицинское сообщество должно по возможности разрешать споры с пациентами внутри системы здравоохранения, чтобы не доводить дело до провозглашения обвинительных приговоров и лишения членов сообщества личных сбережений, свободы и профессии [5, С. 7].

Кроме того, несмотря на серьезные и вполне оправданные опасения медицинских работников, подавляющее большинство (86,9%) граждан никогда в своей жизни не обращались с жалобами на ненадлежащую медицинскую помощь [7, С. 23]. Вопросы устранения дефектов чаще всего пациент обсуждает со своим лечащим врачом [8, С. 6-14].

При возникновении конфликтов подавляющее большинство пациентов (82 %), по данным О.А. Цыгановой, пыталось разрешить возникавшие конфликты внутри самой системы здравоохранения: через заведующего отделением (47,1%), главного врача или его заместителя (22,5%), органы управления здравоохранением разных уровней (12,4 %). Вне ведомственного уровня контроля рассматривается лишь около 18 % обращений, причем в судах – не более 2,5%. Количество довольных и недовольных результатами рассмотрения обращения делится примерно поровну [7, С. 23].

Проявления потребительского экстремизма, выходящие за рамки разумного и цивилизованного порядка разрешения спорной акушерско-гинекологической ситуации, несут в себе опасность не только для медицинских работников и лечебно-профилактических организаций. За рубежом достаточно давно, а в России – в течение двух последних десятилетий получил распространение феномен «defensive medicine» (защитной медицины), который заключается в предпочтении врачами методов диагностики и лечения по принципу минимизации вероятности потенциальных рисков, а не эффективности, целесообразности и достаточности [3, С. 22], [4, С. 125-126], [9, С. 7-9].

### **3. Дефекты оказания медицинской помощи и их разновидности**

Уделяя большое внимание дефектам оказания медицинской помощи, ученые не пришли к единому мнению относительно определения понятия «дефекта» и не выработали единого подхода к их классификации. Термин «дефект оказания медицинской помощи» отсутствует в Федеральном законе «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации», что является одним из доводов медицинских организаций, оспаривающих указание на наличие таких дефектов в заключениях судебно-медицинских экспертов.

Приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 10 мая 2017 года № 203н утверждены критерии оценки качества медицинской помощи, в том числе акушерско-гинекологической помощи. Позитивно оценивая появление таких критериев, Старченко А.А. рассматривает дефект медицинской помощи в качестве антитезы качества медицинской помощи и предлагает собственную классификацию дефектов оказания медицинской помощи при оказании интенсивной терапии в акушерско-гинекологической практике [5, С. 61, 216-223].

Бесспорную практическую ценность имеет ответ на вопрос, как та или иная разновидность дефекта акушерско-гинекологической помощи влияет на юридическую квалификацию действий медицинских работников. Для этих целей более всего подходит наиболее распространенная квалификация дефектов медицинской помощи, исходя из природы допущенного нарушения. По этому критерию все дефекты делятся на 4 группы:

- 1) преступления медицинских работников, совершенные умышленно;
- 2) преступная неосторожность медицинских работников;
- 3) врачебные (медицинские) ошибки;
- 4) несчастные случаи (казусы) [10, С. 15].

Следствием любого из приведенных дефектов является неблагоприятный исход акушерско-гинекологической помощи.

Если содержание умышленных преступных действий достаточно четко раскрыто в уголовном законе и не вызывает проблем при их квалификации, то разграничение преступной неосторожности и врачебной ошибки сопряжено со значительными трудностями.

Так, в литературе помимо преступной небрежности и преступного легкомыслия выделяется также форма неосторожности, не известная уголовному законодательству, - преступное невежество [11, С. 76, 79]. Но поскольку любое невежество трудноотделимо от ошибки, то на практике врачебная ошибка может повлечь не только гражданско-правовую ответственность медицинского учреждения, но и уголовную ответственность врача, если его

ошибочные действия будут квалифицированы, например, как причинение тяжкого вреда здоровью по неосторожности.

Врачебная ошибка в любом случае не связана с небрежным или халатным выполнением профессиональных обязанностей. Она основана на добросовестном заблуждении медицинского работника, допустившего дефект в силу несовершенства медицинской науки и методов исследования, особого течения заболевания у определенного больного, недостатка знаний и навыков среднего добросовестного врача [10, С. 20], [12, С. 16-17].

В отличие от врачебных ошибок, влекущих гражданско-правовую ответственность, несчастный случай (казус) предполагает объективную невозможность предвидеть последствия врачебных действий, например, при наступлении аллергических, токсических реакций на применение тех или иных лекарственных препаратов [10, С. 15]. Так, акушерство и гинекология относится к тем отраслям медицины, в которых чаще всего встречаются клиничко-фармакологические дефекты и связанное с ними причинение вреда здоровью [13, С. 39].

Квалификация дефекта как казуса находится в компетенции эксперта, и наступление такого случая не влечет какой-либо ответственности врача и медицинского учреждения.

Отдельную группу дефектов в литературе предложено связывать с нарушением прав пациентов (на добровольное информированное согласие, выбор врача и т.д.) [14, С. 61]. Такие дефекты могут быть никак не связаны с неблагоприятным исходом оказания медицинской помощи и в этом случае должны приводить лишь к административной или дисциплинарной ответственности. Однако само по себе указание в заключении судебно-медицинского эксперта на нарушение прав пациента даже при квалификации дефекта как несчастного случая может быть расценено судом как нарушение прав потребителя с вытекающей из него обязанностью возместить причиненный вред [3, С. 22].

К основным причинам ошибок в акушерско-гинекологической практике принято относить недостаточный опыт и переоценку собственных возможностей врачом, незнание или нежелание применять современные стандарты и протоколы лечения заболеваний, некоординированные действия со смежными специалистами, необходимость мгновенного принятия решений, недостаточную техническую оснащенность лечебно-профилактического учреждения [10, С. 95].

Конкретные ошибки при оказании акушерско-гинекологической помощи рассматриваются применительно к каждой нозологии. Так, наиболее частыми ошибками при лечении преэклампсии являются недооценка данных анамнеза и клинических методов исследования, неправильная интерпретация лабораторно-инструментальных методов исследования, неадекватная терапия и ее несвоевременное начало, бесконтрольная инфузионно-трансфузионная терапия, которая способствует гипергидратации, неправильная тактика родоразрешения, неполноценная профилактика кровотечений [15, С. 23].

#### **4. Механизмы защиты врача акушера-гинеколога**

Сталкиваясь с проблемой ответственности за ненадлежащее оказание медицинской помощи и одновременно решая проблему контроля расходов на здравоохранение, зарубежная наука, начиная с 60-х годов прошлого века, предложила пойти по пути стандартизации всех разделов медицины и даже отдельных манипуляций [23, 166-206].

Введение стандартов медицинской помощи в отечественной медицине приветствуется учеными, указывающими на появление объективных критериев ответственности ЛПУ и врача [10, С. 17]. Основным методом работы эксперта при оценке случаев оказания медицинской помощи становится сравнение медицинской документации с эталоном – стандартом диагностики и лечения, при котором выявляются несоответствия эталону. Уходят расплывчатые термины: правильность, полнота, обоснованность диагноза и др. Вводится новый понятийный аппарат: диагностический и лечебный процесс соответствует или не соответствует эталонному описанию технологии – стандарту, схеме, протоколу, рекомендациям. Отклонения от эталона могут быть обоснованными, т.е. связанными с наличием противопоказаний у пациента, и необоснованными, т.е. не связанными с наличием противопоказаний [16, С. 18]. Стандарт, протокол являются самым дешевым и эффективным способом обезопасить пациентку и самого врача от последствий некомпетентных действий [4, С. 136].

Вместе с тем, стандартизация медицинской помощи не должна вызывать неоправданную эйфорию. В литературе отмечается, что сами по себе стандарты медицинской помощи не стоит воспринимать в качестве абсолютной и непреложной истины [10, С. 17]. Остается неясным вопрос о взаимосвязи дефектов, то есть отклонений от эталона, с эффективностью медицинской помощи и ее исходом, ответ на который полностью зависит от субъективного мнения эксперта. Относительно одного и того же случая могут быть даны противоположные заключения экспертов [16, С. 19].

Вероятнее всего, такие противоречия должны устраняться путем проведения комиссионной экспертизы. Однако в ходе исследования, проведенного Д.В. Тягуновым в Ханты-Мансийском автономном округе - Югре, выявлено, что проведение комиссионных экспертиз дезавуируется участием во всех комиссиях одного и того же эксперта-клинициста, который, по существу, и является автором комиссионного заключения [17, С. 19].

Оценивая действия медицинских работников, суд, прокуратура, следователь обычно адресуют экспертам вопросы, касающиеся объективной стороны возникшего неблагоприятного исхода медицинской помощи [16, С. 19].

При этом за рамками заключения эксперта остаются личные качества врача, его психологические особенности, эмоциональное состояние [16, С. 22], [18, С. 8]. Врач принимает большое количество мгновенных решений [2, С. 9], [3, С. 22], он может «профессионально выгореть» из-за постоянных перегрузок, несправедливости, предвзятого отношения [19, С. 82]. Не случайно, по приведенным в научных источниках результатам опросов врачей, большинство из них устают, причем сильно, испытывают значительные перегрузки [2, С. 220].

При опросе врачей конкретной профессиональной группы – акушеров-гинекологов, проведенного И.М. Лузановой в Оренбургской области, установлено, что более 80 % врачей – женщины. Доминирование положительных эмоций выявлено у менее половины опрошенных 46,5%. Основная положительная эмоция - удовлетворенность своим положением в обществе. Основу негативных настроений составляют материальное положение и жилищные условия,

возможность заражения гемоконтактными инфекциями, возможность наступления ответственности за неблагоприятные последствия оказания медицинской помощи, страх совершить профессиональную ошибку [20, С. 130-131].

Распространенные опасения акушеров-гинекологов по поводу наступления ответственности за неблагоприятные последствия оказания медицинской помощи вполне оправданны. Данные разных источников свидетельствуют, что судебные дела по искам пациентов и возбужденным уголовным делам, связанным с ненадлежащим оказанием акушерско-гинекологической помощи, занимают первое место в целом по России и, как правило, делят первое-второе места с хирургической помощью в различных субъектах Российской Федерации [10, С. 13], [17, С. 11], [21, С. 11], [22, С. 29].

Даже при проведении профилактических мероприятий, где дефекты традиционно встречаются реже, на долю акушеров-гинекологов приходится более трети дефектов, здесь они значительно опережают онкологов [17, С. 11].

Проведенное И.М. Лузановой изучение первичной документации по перинатальной смерти выявило, что причиной гибели плода или новорожденного только в 25,8% случаев являлось ненадлежащее оказание медицинской помощи. В основном же неблагоприятный исход произошел из-за особенностей поведения и образа жизни пациентки, в том числе ее вредных привычек и отношения к врачебным рекомендациям, а главным образом – состояния здоровья матери и патологии плода [20, С. 152].

Важнейшим организационно-правовым способом защиты интересов врачей в современном мире выступает страхование профессиональной ответственности медицинских работников, причем страховые взносы составляют около 10 % годового заработка врача – в зависимости от профессиональных рисков. В Российской Федерации, по результатам опроса, проведенного Е.В. Приз, абсолютное число респондентов (89%) выразили желание застраховать свою ответственность, однако не готовы страховать за свой счет [2, С. 274].

#### Список литературы / References

1. Мохов А.А. Функции обязательств вследствие причинения вреда здоровью или жизни пациента / А.А. Мохов, И.Н. Мохова // Медицинское право. – 2006. – № 3. – С. 35-38.
2. Приз Е.В. Социальная комплементарность прав пациентов и медицинских работников в отечественной медицине: дис. доктора мед. наук: 14.02.05: защищена 17.12.2011; утверждена: 12.11.2012/ Приз Евгения Вячеславовна. - Волгоград, 2011. - 377 с.
3. Пашинян А.Г. Комплексное клиническое, экспертное, медико-правовое исследование профессиональных ошибок и неблагоприятных исходов при оказании дерматовенерологической помощи: дис. доктора мед. наук: 14.00.24, 14.00.11: защищена 22.06.2005/ Пашинян Альбина Гургеновна. – М., 2005. – 197 с.
4. Радзинский В.Е. Акушерская агрессия v. 2.0. / В.Е. Радзинский. – М.: Статус презенс, 2017. – 872 с.
5. Старченко А.А. Профессиональные правонарушения в анестезиологии и реаниматологии. Проблемы юридической ответственности / А.А. Старченко. – М.: БИНОМ, 2016. – 944 с.
6. Баринов Е.Х. Изучение неблагоприятных исходов в акушерско-гинекологической практике / Е.Х. Баринов, П.О. Ромодановский // Медицинское право. – 2012. – № 6. – С. 44-48.
7. Цыганова О.А. Медико-правовое обоснование совершенствования системы обеспечения и защиты прав граждан на получение доступной и качественной медицинской помощи: автореф. дис. доктора мед. наук: 14.02.03: защищена 15.10.2013; утверждена: 21.04.2014 / Цыганова Ольга Альбертовна. – М., 2013. – 48 с.
8. Малый А.Ю. Защита прав врачей в конфликтных ситуациях / А.Ю. Малый // ТОП-медицина. – 2000. – № 5. – С. 6-14.
9. Сергеев В.В. Медицинские и юридические аспекты врачебных ошибок / В.В. Сергеев В.В., С.О. Захаров // Здравоохранение Российской Федерации. – 2000. – № 1. – С. 7-9.
10. Бисюк Ю.В. Ненадлежащее оказание экстренной медицинской помощи (критерии экспертной оценки и медико-правовые аспекты проблемы): дис. доктора мед. наук: 14.00.24: защищена 17.09.2008 / Бисюк Юрий Виулович. - Волгоград, 2011. - 377 с.
11. Гринберг М.С. Преступное невежество / М.С. Гринберг // Изв. вузов. Правоведение. – 1989. - № 5. – С. 74-79.
12. Сидорович Ю.С. Гражданско-правовая ответственность за медицинскую ошибку: автореф. дис. канд. юрид. наук: 12.00.03: защищена 02.06.2005 / Сидорович Юлия Сергеевна. – М., 2013. – 30 с.
13. Поздеев А.Р. Судебно-медицинский анализ клинико-фармакологических дефектов лечебной помощи больным в премортальный период: автореф. дис. доктора мед. наук: 14.00.24, 14.00.25: защищена 18.06.2008 / Поздеев Алексей Родионович. – М., 2008. – 49 с.
14. Акопов В.И. Судебная медицина в вопросах и ответах: практическое пособие для юристов, врачей и студентов / В.И. Акопов. – Ростов-на-Дону: изд-во «Феникс», 2008. – 508 с.
15. Ошибки в клинической практике акушера-гинеколога: учеб. пособие / под ред. С.-М. А. Омарова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 160 с.
16. Березников А.В. Судебно-медицинская оценка дефектов оказания терапевтической помощи: дис. доктора мед. наук: 14.00.05, 14.00.24: защищена 19.01.2012; утверждена 11.03.2013 / Березников Алексей Васильевич. – Омск, 2011. – 332 с.
17. Тягунов Д.В. Судебно-медицинская характеристика дефектов, возникших при оказании медицинской помощи (по материалам судебно-медицинских комиссионных экспертиз): автореф. дис. канд. мед. наук: 14.03.05: защищена 24.06.2010 / Тягунов Денис Владимирович. – М., 2010. – 27 с.
18. Ившин И.В. Судебно-медицинские аспекты профессиональных преступлений медицинских работников против жизни и здоровья: автореф. дис. канд. мед. наук: 14.00.24: защищена 08.02.2006 / Ившин Илья Валерианович. – М., 2005. – 26 с.
19. Шамоу И.А. Биомедицинская этика: учебник. 2-е изд. / И.А. Шамоу. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 288 с.

20. Лузанова И.М. Ненадлежащее оказание помощи в акушерской практике (медико-правовые аспекты проблемы): дис. канд. мед. наук: 14.00.24, 14.00.01: защищена 07.02.2007 / Лузанова Инна Михайловна. – М., 2007. – 183 с.

21. Черкалина Е.Н. Экспертная оценка профессиональных ошибок и дефектов оказания медицинской помощи в неонатологии: автореф. дис. канд. мед. наук: 14.00.24: защищена 18.11.2009 / Черкалина Елена Николаевна. – М., 2009. – 23 с.

22. Абаева О.П. Научное обоснование и пути оптимизации прав пациента в Российской Федерации: дис. доктора мед. наук: 14.02.03, 14.02.05: защищена 21.06.2011 / Абаева Ольга Петровна. – Н. Новгород, 2011. – 275 с.

23. Donabedian A. Evaluating the quality of medical care / A. Donabedian // *Milbank Memorial Fund Q.* – 1966. – Vol. 44(3)(suppl). P. 166-206. Reprinted in *Milbank Q.* – 2005. – Vol. 83(4). P. 691-729.

#### Список литературы на английском языке / Reference in English

1. Mokhov A.A. Funktsii obyazatelstv vsledstviye prichineniya vreda zdorov'yu ili zhizni patsiyenta [Functions of obligations due to injury to the health or life of the patient] / A.A. Mokhov, I.N. Mokhova // *Meditinskoye pravo* [Medical Law]. – 2006. – № 3. – P. 35-38. [in Russian]

2. Priz Ye.V. Sotsialnaya komplementarnost prav patsiyentov i meditsinskikh rabotnikov v otechestvennoy meditsine [Social complementarity of rights of patients and medical workers in domestic medicine]: dis. ... of MD: 14.02.05: defense of the thesis 17.12.2011: approved 12.11.2012 / Priz Yevgeniya Vyacheslavovna. – Volgograd, 2011. – 377 p. [in Russian]

3. Pashinyan A.G. Kompleksnoye klinicheskoye, ekspertnoye, mediko-pravovoye issledovaniye professionalnykh oshibok i neblagopriyatnykh iskhodov pri okazanii dermatovenerologicheskoy pomoshchi [Pashinyan AG Comprehensive clinical, expert, medical and legal study of professional errors and adverse outcomes in providing dermatovenereological care]: dis. ... of MD: 14.00.24, 14.00.11: defense of the thesis 22.06.2005 / Pashinyan Albina Gurgenovna. – М., 2005. – 197 p. [in Russian]

4. Radzinskiy V.E. Akusherskaya agressiya v. 2.0 [Obstetrical aggression v. 2.0] / V.E. Radzinskiy. – М.: StatusPraesens, 2017. – 872 p. [in Russian]

5. Starchenko A.A. Professionalnyye pravonarusheniya v anesteziologii i reanimatologii. Problemy yuridicheskoy otvetstvennosti [Professional offenses in anesthesiology and resuscitation. Problems of legal responsibility] / A.A. Starchenko. – М.: BINOM, 2016. – 944 p. [in Russian]

6. Barinov E.H. Izucheniye neblagopriyatnykh iskhodov v akushersko-ginekologicheskoy praktike [Study of adverse outcomes in obstetric-gynecological practice] / E.H. Barinov, P.O. Romodanovsky // *Meditinskoye pravo* [Medical Law]. – 2012. – № 6. – P. 44-48. [in Russian]

7. Tsyganova O.A. Mediko-pravovoye obosnovaniye sovershenstvovaniya sistemy obespecheniya i zashchity prav grazhdan na polucheniye dostupnoy i kachestvennoy meditsinskoy pomoshchi [Medico-legal basis for improving the system of ensuring and protecting the rights of citizens to obtain affordable and high-quality medical care]: the author's abstract of the dis. ... of MD: 14.02.03: defense of the thesis 15.10.2013: approved 21.04.2014 / Tsyganova Olga Albertovna. – М., 2013. – 48 p. [in Russian]

8. Maly A.Yu. Zashchita prav vrachey v konfliktnykh situatsiyakh [Protection of the rights of doctors in conflict situations] / A.Yu. Maly // *TOP-meditsina* [TOP-medicine]. – 2000. - № 5. - P. 6-14. [in Russian]

9. Sergeyev V.V. Meditsinskiye i yuridicheskiye aspekty vrachebnykh oshibok [Medical and legal aspects of medical errors] / V.V. Sergeev, S.O. Zakharov // *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii* [Health care of the Russian Federation]. – 2000. № 1. – P. 7-9. [in Russian]

10. Bisyuk Yu.V. Nenadlezhashcheye okazaniye ekstreynoy meditsinskoy pomoshchi (kriterii ekspertnoy otsenki i mediko-pravovyye aspekty problemy) [Inadequate provision of emergency medical care (criteria for peer review and medico-legal aspects of the problem)]: dis. ... of MD: 14.00.24: defense of the thesis 17.09.2008 / Bisyuk Yuri Viulovich. – Volgograd, 2011. – 377 p. [in Russian]

11. Grinberg M.S. Prestupnoye nevezhestvo [Criminal ignorance] / M.S. Grinberg // *Izvestiya vuzov. Pravovedeniye* [Izvestiya Vuzov. Jurisprudence]. – 1989. – № 5. – P. 74-79. [in Russian]

12. Sidorovich Yu.S. Grazhdansko-pravovaya otvetstvennost za meditsinskuyu oshibku [Civil liability for medical error]: the author's abstract of the dis. ... of PhD in Jurisprudence: 12.00.03: defense of the thesis 02.06.2005 / Sidorovich Julia Sergeevna. – М., 2013. – 30 p.

13. Pozdeyev A.R. Sudebno-meditsinskiy analiz kliniko-farmakologicheskikh defektov lechebnoy pomoshchi bo'nym v premortalnyy period [Forensic analysis of clinical and pharmacological defects of medical care for patients in the pre-mertral period]: the author's abstract of the dis. ... of MD: 14.00.24, 14.00.25: defense of the thesis 18.06.2008 / Pozdeev Alexey Rodionovich. – М., 2008. – 49 p. [in Russian]

14. Akopov V.I. Sudebnaya meditsina v voprosakh i otvetakh: prakticheskoye posobiye dlya yuristov, vrachey i studentov [Forensic medicine in questions and answers: a practical guide for lawyers, doctors and students] / V.I. Akopov. – Rostov-on-Don: Phoenix, 2008. - 508 p. [in Russian]

15. Oshibki v klinicheskoy praktike akushera-ginekologa: ucheb. posobiye [Errors in the clinical practice of the obstetrician-gynecologist: Proc. Allowance] / ed. C.-M. A. Omarova. – М.: GEOTAR-Media, 2016. - 160 p. [in Russian]

16. Bereznikov A.V. Sudebno-meditsinskaya otsenka defektov okazaniya terapevticheskoy pomoshchi [Forensic medical evaluation of defects in the provision of therapeutic care]: dis. ... of MD: 14.00.05, 14.00.24: defense of the thesis 19.01.2012: approved 11.03.2013 / Bereznikov Alexey Vasilevich. – Omsk, 2011. – 332 p. [in Russian]

17. Tyagunov D.V. Sudebno-meditsinskaya kharakteristika defektov, voznikshikh pri okazanii meditsinskoy pomoshchi (po materialam sudebno-meditsinskikh komissionnykh ekspertiz) [Forensic medical description of defects that arose in the provision of medical care (based on forensic medical commission expertise)]: dis. ... of MD: 14.03.05: defense of the thesis 24.06.2010 / Tyagunov Denis Vladimirovich. – М., 2010. - 27 p. [in Russian]

18. Ivshin I.V. Sudebno-meditsinskiye aspekty professional'nykh prestupleniy meditsinskikh rabotnikov protiv zhizni i zdorov'ya [Judicial-medical aspects of professional crimes of medical workers against life and health]: the author's abstract of the dis. ... of MD: 14.00.24, defense of the thesis 08.02.2006 / Ivshin Ilya Valerianovich. – M., 2005. – 26 p. [in Russian]
19. Shamov I.A. Biomeditsinskaya etika: uchebnik. 2-ye izd. [Biomedical Ethics: Textbook. 2nd ed.] / I.A. Shamov. – M.: INFRA-M, 2015. – 288 p.
20. Luzanova I.M. Nenadlezhazhcheye okazaniye pomoshchi v akusherskoy praktike (mediko-pravovyye aspekty problemy) [Inadequate assistance in obstetric practice (medical and legal aspects of the problem)]: dis. ... of MD: 14.00.24, 14.00.01, defense of the thesis 07.02.2007 / Luzanova Inna Mikhailovna. – M., 2007. [in Russian]
21. Cherkalina E.N. Ekspertnaya otsenka professional'nykh oshibok i defektov okazaniya meditsinskoy pomoshchi v neonatologii [Expert evaluation of professional errors and defects in the provision of medical care in neonatology]: the author's abstract of the dis. ... of MD: 14.00.24 defense of the thesis 18.11.2009 / Cherkalina Elena Nikolaevna. – M., 2009. – 23 p. [in Russian]
22. Abayeva O.P. Nauchnoye obosnovaniye i puti optimizatsii prav patsiyenta v Rossiyskoy Federatsii [Scientific substantiation and ways of optimization of the rights of the patient in the Russian Federation]: dis. ... of MD: 14.02.03, 14.02.05: defense of the thesis 21.06.2011 / Abayeva Olga Petrovna. – N. Novgorod, 2011. – 275 p. [in Russian]
23. Donabedian A. Evaluating the quality of medical care / A. Donabedian // *Milbank Memorial Fund Q.* – 1966. – Vol. 44(3)(suppl). P. 166-206. Reprinted in *Milbank Q.* – 2005. – Vol. 83(4). P. 691-729.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.072>Мухин А.С.<sup>1</sup>, Савенков А.Г.<sup>2</sup>, Шарабрин Е.Г.<sup>3</sup>, Иванова Я.А.<sup>4</sup>, Федоров С.А.<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>д.м.н., профессор, зав. кафедрой хирургии ФПКВ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерство здравоохранения Российской Федерации Нижегородская государственная медицинская академия Нижний Новгород

<sup>2</sup>Заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГКБ №13, г. Нижнего Новгорода ГБУЗ НО "Городская клиническая больница №13 Автозаводского района" Нижний Новгород

<sup>3</sup>д.м.н., профессор кафедры лучевой диагностики ФПКВ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерство здравоохранения Российской Федерации Нижегородская государственная медицинская академия Нижний Новгород

<sup>4</sup>Аспирант кафедры хирургии ФПКВ Нижегородской государственной медицинской академии Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерство здравоохранения Российской Федерации Нижегородская государственная медицинская академия Нижний Новгород

<sup>5</sup>аспирант кафедры Госпитальной хирургии им. Б.А.Королева, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Министерство здравоохранения Российской Федерации Нижегородская государственная медицинская академия Нижний Новгород

## ТАКТИКА ЭНДОВАСКУЛЯРНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ОСТРЫМ ИНФАРКТОМ МИОКАРДА С ПОДЪЕМОМ СЕГМЕНТА ST В, ВЛИЯНИЕ ТРОМБАСПИРАЦИИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛЕЧЕНИЯ

Аннотация

Цель исследования изучить эффект от процедуры тромбаспирации при ее сочетании со стентированием и ангиопластикой у пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST. При проведении последующих эндоваскулярного лечения на инфаркт ответственной артерии, в группах с тромбэкстракцией чаще наблюдалось полное восстановление эпикардального кровотока и миокардального пропитывания, по сравнению с группой со стандартными эндоваскулярным лечением. Установлено, что правильно выполненная процедура тромбаспирации снижает частоту дистальной эмболизации и снижает частоту дислокации тромботических масс.

**Ключевые слова:** острый коронарный синдром, атеросклероз коронарных артерий, чрескожное коронарное вмешательство, аспирация тромбов, тромбэкстракция, феномен “no-reflow”.

Mukhin A.S.<sup>1</sup>, Savenkov A.G.<sup>2</sup>, Sharabrin E.G.<sup>3</sup>, Ivanova Ya.A.<sup>4</sup>, Fedorov S.A.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>MD, Professor of the Department of Surgery, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Ministry of Health of the Russian Federation “Nizhny Novgorod State Medical Academy Nizhny Novgorod”

<sup>2</sup>Head of the Department of X-ray Surgical Methods of Diagnostics and Treatment of City Clinical Hospital No.13, Nizhny Novgorod, State-financed Health Institution “City Clinical Hospital No.13 Avtozavodsky District,” Nizhny Novgorod

<sup>3</sup>MD, Professor of the Department of X-ray Diagnostics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Ministry of Health of the Russian Federation “Nizhny Novgorod State Medical Academy,” Nizhny Novgorod

<sup>4</sup>Postgraduate Student at the Department of Surgery, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Ministry of Health of the Russian Federation “Nizhny Novgorod State Medical Academy Nizhny Novgorod”

<sup>5</sup>Postgraduate Student of the Department of Hospital Surgery named after B.A.Korolev, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education of the Ministry of Health of the Russian Federation “Nizhny Novgorod State Medical Academy,” Nizhny Novgorod

## TACTICS OF ENDOVASCULAR TREATMENT OF PATIENTS WITH ACUTE MYOCARDIAL INFARCTION WITH ST-SEGMENT ELEVATION, EFFECT OF THROMBUS ASPIRATION ON THE EFFECTIVENESS OF TREATMENT

Abstract

The aim of the study was to consider the effect of trombus aspiration procedure when combined with stenting and angioplasty when treating patients with acute myocardial infarction with ST segment elevation. After conducting subsequent

*endovascular treatment for infarction of the responsible artery, we observed full recovery of epicardial blood flow and myocardial impregnation in groups with thromboextraction more often, compared to the group with standard endovascular treatment. It has been established that a properly performed thrombus aspiration procedure reduces the frequency of distal embolization and reduces the frequency of dislocation of thrombotic masses.*

**Keywords:** acute coronary syndrome, coronary artery atherosclerosis, transcatheter coronary intervention, thrombus aspiration, thromboextraction, “no-reflow” phenomenon.

**А**ктуальность  
Статья посвящена процедуре тромбаспирации у пациентов в остром периоде инфаркта миокарда с подъемом сегмента ST в сочетании с проведением ангиопластики и стентирования. В исследование включены 270 пациентов с острым инфарктом миокарда, которым была проведена экстренная процедура тромбэкстракции, с последующим стентированием инфаркт-ответственной артерии и 90 пациентов, которым проведена urgentная ангиопластика без тромбаспирации.

Ангиопластика инфаркт ответственной артерии зарекомендовала себя, как процедура с меньшим количеством осложнений нежели тромболизис. Эндоваскулярные методы реперфузии миокарда отличаются эффективностью в лечении острого инфаркта миокарда [1] достичь оптимального кровотока в инфаркт ответственной артерии удается более чем в 90% случаев [2]. Доказано, чем дольше задержка от начала развития острого инфаркта миокарда до эндовазального лечения, тем хуже результаты коронарной ангиопластики, что связано с продолжительной ишемией или не удачной процедурой догоспитального тромболизиса. Своевременно проведенная коронарная ангиопластика, снижает летальный исход у пациентов с высокой степенью риска [3]. Анализ отдаленных и ближайших результатов эндовазального лечения позволил разработать показания к проведению чрескожного вмешательства [4]. Множественные реканализации в ближайшем периоде составили (8-27%) [5], в отдаленном периоде (5-13%) [6]. Частота рестенозов при плановом эндовазальном лечении меньше также при экстренном эндовазальном лечении не всегда удавалось достичь адекватного коронарного кровотока (TIMI3). Нужно отметить, что вышеуказанные данные из исследований проводимых до разработки стентов и современных антитромботических препаратов. После появления стентов результаты эндовазального лечения при остром инфаркте миокарда значительно улучшились, что подтверждено рандомизированными исследованиями [7]. В одном из исследований включившем себя 868 человек было показано, что у пациентов в группе стентирования отмечалась меньшая частота рестенозов в первые 6 месяцев наблюдения чем группе с ангиопластикой 23% против 71%.[8]. В настоящее время доказано имплантация стента сокращает риск поражения сосуда при дальнейшем проведении процедуры, снижает риск развития повторного инфаркта миокарда [9]. Установка покрытых стентов уменьшает частоту рестеноза, но не влияет на летальность и частоту развития повторного инфаркта миокарда, риск раннего и позднего тромбоза не зависит от материала стента [10]. Хотелось бы упомянуть о двух основных видах устройств для тромбэкстракции применяемых в настоящее время. «AngioJet» наиболее часто применяемое устройство. Устройство имеет диаметр катетера 4Fr (1,3мм). В исследовании JENSTENT [11] исследовали пациентов с тромбозом TTG>3. Случаи сердечно сосудистых осложнений в периоде 1 месяца наблюдения составили 3,1% против 6,9%,  $p=0,011$ . Следовательно, по данным исследований выполнение реологической тромбэктомии оправдано у пациентов с большим размером тромбоза TTG>3. В настоящий момент имеется более 20 разновидностей катетеров для мануальной вакуумной тромбэкстракции: Export Catheter, Pronto Extraction Catheter, Driver, QuickCat, Rio, Fetch и др. Более безопасное удаление тромботических масс явилось основным вопросом усовершенствования приборов. Гибкость катетера устойчивость к перегибам и обеспечение максимального удаления тромботических масс вот, что учитывалось при создании катетеров нового поколения. Первые устройства данного типа имели малый внутренний просвет и большой профиль, не смотря на это, по результатам первых исследований описывались преимущества тромбаспирации и ангиопластики по сравнению со стандартным эндовазальным лечением [12]. В дальнейшем усовершенствование устройств и набором опыта хирургов позволило добиться большего положительного эффекта после проведения тромбаспирации. Усовершенствование касалось более безопасного и эффективного мануального удаления тромбов и восстановления кровотока в коронарных артериях. При создании данного катетера одной из целей было сделать процедуру тромбаспирации более визуализируемой. В первую очередь это касалось создания оптимального баланса между такими зачастую сложно совместимыми характеристиками как гибкость при прохождении в коронарной артерии, устойчивость к перегибам и по возможности, обеспечение максимально полной тромбаспирационной способности. В исследование DEAR-MI [13], в которое было включено было включено 148 больных, тромбаспирация проводилась катетером Pronto. Сравнивались две группы пациентов ангиопластики в сочетании с тромбаспирацией и группа со стандартным эндовазальным лечением. В группе с применением тромбаспирацией была достигнута более быстрая резольюция сегмента ST, а также уменьшение частоты развития дистальной эмболизации и феномена “no-reflow”. Применение катетера Export довольно широко изучалось в различных рандомизированных исследованиях. Так, в рандомизированном исследовании EXPIRA [14], включавшем 175 пациентов, первичными конечными точками являлись снижение сегмента ST и степени миокардиального свечения. Вторичной конечной точкой было количество серьезных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в течение 9 мес. В группе с тромбаспирацией снижение сегмента ST достигалось в течение 90 минут. В группе с тромбаспирацией не зафиксировано в течение 9 мес ни одного случая смерти, в группе со стандартным чрескожным лечением 4 случая. Нарушение перфузии на уровне микроциркуляторного русла по мнению многих авторов является главной причиной вышеуказанных осложнений. В свою очередь нарушение на уровне микроциркуляторного русла может быть причиной дистальной эмболизации, что может стать причиной осложнений [15]. Защита дистального русла актуальная проблема для решения, которой прибегают к новым методам лечения. Тромбаспирация зарекомендовала себя, как эффективный метод извлечения тромботических масс из инфаркт ответственной артерии, что препятствует развитию дистальной эмболизации. Сочетание тромбаспирации с urgentной ангиопластикой и догоспитальным тромболизисом улучшает прогноз

пациентов с острым инфарктом миокарда [16]. По данным исследований и литературы исследователями сделан вывод, что проведение тромбаспирации опытным хирургом приводит к улучшению результатов чрескожного лечения, а также тромбаспирация необходима при наличии большого внутрипросветного с целью профилактики возникновения осложнений.

#### Материалы и методы.

Изучены непосредственные результаты эндоваскулярного лечения 270 пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST в период с 2012 по 2016 гг выполнено в ГБУЗНО №13 Автозаводского района г Нижнего Новгорода. В зависимости от проводимого лечения пациенты подразделены на три группы. В 1 группе (n=110) - с экстренными чрескожным вмешательством дополненными тромбаспирацией на инфаркт ответственной артерии без тромболитической терапии; 2 группа (n=70) - с экстренными экстренным чрескожным вмешательством дополненными тромбаспирацией на инфаркт-ответственной артерии с догоспитальной тромболитической терапией; 3 группа (n=90) - с экстренными чрескожным вмешательством из инфаркт-ответственной артерии, без проведения тромболитической терапии и без тромбаспирации. Исходные анамнестические данные и факторы риска указаны в таб 1 и таб 2. выраженность сердечной недостаточности по классификация Killip представлена в таб 3. Исходные ангиографические показатели указаны в таблице 4. При коронарографии использовали контрасты «Омнипак», «Визипак». Оценка миокардиального пропитывания производилась в соответствии с классификацией индекса MBG. MBG -0 Отсутствие пропитывания миокарда контрастом, MBG -1 пропитывание не наблюдается после ухода контраста из ствола коронарной артерии, MBG -2 пропитывание регистрировалось на протяжении трех сердечных циклов, MBG-3 контраст не успевал вывестись до нового введения контраста. Магистральный кровоток в инфаркт ответственной артерии оценивался по шкале TIMI 0- отсутствие кровотока в коронарной артерии, 1- антеградный кровоток не заполняет дистальные отделы коронарной артерии, 2-антегрдый кровоток медленно заполняет дистальные отделы коронарных артерий, 3- полная проходимость коронарной артерии. Тромбаспирация выполнялась пациентам в сроки 6-10 часов от развития острого инфаркта миокарда.

Таблица 1 – Исходные анамнестические данные в изученных группах больных

Характеристики	1 группа (n=110)	2 группа (n=70)	3 группа (n=90)
Возраст, лет, M±m	58,6±10,5	59,33±8,9	60,8±9,7
Пол, мужской абс. (%)	83(75%)	63(90%)	70(77%)
Время поступления от начала ИМ, час, M±m	1,41±0,8	2,04± 0,1	1,83±1,0

Таблица 2 – Факторы риска

Характеристика, признак	1 группа(n=110)	2 группа(n=70)	3 группа (n=90)
Артериальная гипертензия(%) –абс (%)	97 (88,2%)	65 (92,9%)	84(93,3%)
Дислипидемия, абс. (%) –абс (%)	70 (63,5%)	38(54,2%)	63(70,0%)
Наследственность(%) –абс (%)	38(34,6%)	37(42,9%)	35(38,9%)
Ожирение(%) –абс (%)	24(21,8%)	21(30,0%)	25(27,8%)
Сахарный диабет(%) –абс (%)	17(15,5%)	6(6,9%)	21(23,3%)
ОНМК в анамнезе(%) –абс (%)	4(3,6%)	3(4,3%)	7(7,8%)
Язвенная болезнь (%) –абс (%)	11(10%)	4(5,7%)	15(16,7%)
ХОБЛ (%) –абс (%)	22(80,0%)	11(15,7%)	9(10,0%)
ОИМ в анамнезе	16(14,6%)	5(7,1%)	15(16,7%)
ХПН (%) –абс (%)	4(3,6%)	1(1,4%)	4(4,4%)



Таблица 3 – Оценка сердечной недостаточности Классификация Killip

Killip	Iст	IIст	IIIст	IVст
<b>1 группа</b> <b>(n=110)</b>	40 (36,4%)	42 (38,2%)	25 (22,7%)	3 (2,7%)
<b>2 группа</b> <b>(n=70)</b>	35 (50,0%)	25 (35,7%)	8 (11,4%)	2 (2,9%)
<b>3 группа</b> <b>(n=90)</b>	35 (38,9%)	37 (41,1%)	13 (14,4%)	5 (5,6%)

Таблица 4 – Исходные ангиографические характеристики в изученных группах больных

Характеристики	1 группа(n=110)	2 группа(n=70)	3 группа (n=90)
Однососудистое поражение(%) –абс (%)	40(36,4%)	28(40,0%)	36(40,0%)
Двусосудистое поражение (%) –абс (%)	35(31,8%)	29(41,4%)	26(28,9%)
Трехсосудистое поражение (%) –абс (%)	35(31,8%)	13(18,6%)	28(31,1%)
ИОА Передняя межжелудочковая ветвь (%) –абс (%)	50(45,5%)	40(51,1%)	48(53,3%)
ИОА Правая коронарная артерия (%) –абс (%)	47(42,7%)	25(35,7%)	37(41,1%)
ИОА Огибающая артерия (%) –абс (%)	13(11,8%)	5(7,1%)	2(2,2%)
тип поражения			
A1(%) –абс (%)	10(9,01%)	8(11,4%)	10(11,1%)
B1(%) –абс (%)	45(40,9%)	32(45,7%)	40(44,4%)
B2(%) –абс (%)	55(50,0%)	30(42,9%)	40(44,4%)
Ср. диаметр установленного стента (%) –абс (%)	3,2±0,3	3,0±0,5	3,2±0,5
Ср. длина установленного стента (%) –абс (%)	19±6	18±5	17±6
Левый тип кровообращения (%) –абс (%)	90(81,8%)	60(85,7%)	75(83,3%)
Правый тип кровообращения (%) –абс (%)	20(18,2%)	10(14,3%)	15(16,7%)

Пациенты имели следующие сопоставимые характеристики: подъем сегмента ST > 0.1мм в двух смежных отведениях ЭКГ; окклюзия инфаркт ответственной артерии (TIMI 0). Как следует из таблицы, возраст больных в среднем в первой группе составил 58,6±10,5 года, во второй 59,3±8,9, в третьей группе 60,8±9,7. были преимущественно мужского пола 216(80%). После оценивали кровоток в инфаркт ответственной артерии в соответствии с критериями TIMI и MBG.

#### Результаты.

По данным таблицы 4, передняя межжелудочковая ветвь окклюзирована в большем количестве случаев отмечали окклюзию передней межжелудочковой ветви, затем в правая коронарная артерия и огибающая артерия. В таблице 8 представлены коронаро-ангиографические показатели исследованных больных после процедуры. Генерализованного спазма, смещения тромботических масс не наблюдалось, лишь у двух в 1 группе пациентов наблюдали диссекцию типа C и D в средней трети передней нисходящей артерии процедуры, после проведения стентирования в обоих случаях осложнение устранялось. Более подробно осложнения возникшие при процедуре представлены в таблице 9. На рис 1,2 видно, что антеградный кровоток и индекс миокардиального пропитывания лучше в группе с догоспитальным тромбозом ( $p<0,05$ )

Таблица 5 – Ангиографическая характеристика исходного состояния инфаркт ответственной артерии в изученных группах больных

		n=110	n=70	n=90
	0/1	75(68,1%)	55 (78,6%)	59(65,5%)
TIMI	2	35(31,8%)	15(21,4%)	31(34,4%)
	0/1	36(32,7%)	5(7,1%)	78(86,7%)
MBG	2	92(83,6%)	56(80,0%)	85(94,4%)
	3	14(20,0%)	14(20,0%)	5(5,6%)
TTG	2	41(37,2%)	21(30,0%)	31(28,1%)
	3	49(44,5%)	32(45,7%)	40(44,4%)
	4	19(17,2%)	32(45,7%)	15(16,7%)
	5	2(2,9%)	2(2,9%)	4(4,4%)

Добиться кровотока TIMI 3 после проведения тромбаспирации в 97,2% случаев, что способствовало выполнению успешного стентирования инфаркт ответственной артерии без серьезных осложнений.

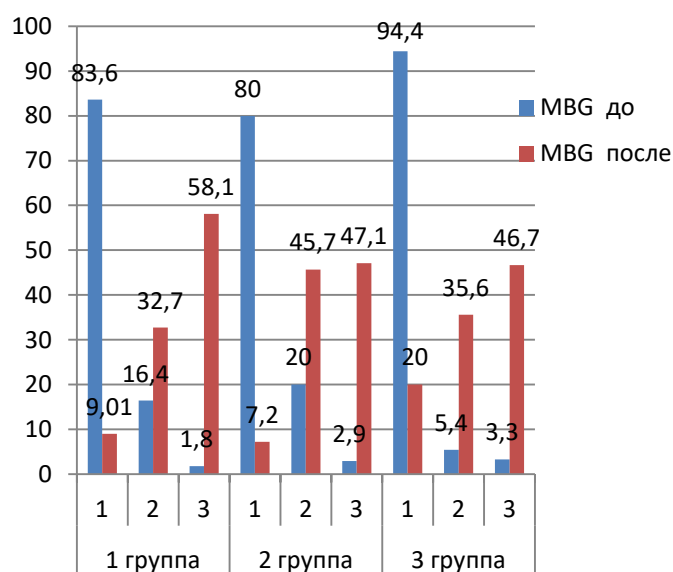


Рис. 1 – Показатели MBG у исследуемых групп пациентов

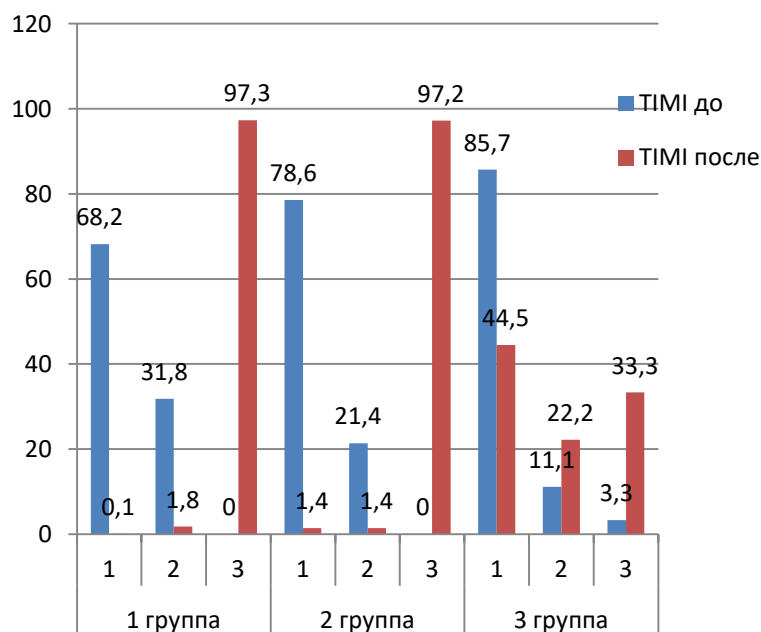


Рис. 2 – Показатели TIMI у исследуемых групп пациентов

Таблица 6 – Частота окклюзий инфаркт ответственной артерии при TTG&lt; 1-2

	Гр1(n=35)	Гр2(n=18)	Гр(n=30)
Окклюзия	7 (20,0%)	3(16,7%)	25 (83,3%)
Нет окклюзии	28 (80,0%)	15(83,3%)	5(16,7%)

Таблица 7 – Частота окклюзий инфаркт ответственной артерии при TTG&gt;3

	Гр1(n=40)	Гр2(n=25)	Гр(n=30)
Окклюзия	25 (62,5%)	20(80,0%)	16 (53,3%)
Нет окклюзии	15 (37,5%)	5 (20,0%)	14(46,7%)

Частота окклюзии при TTG>3 достоверно не отличалась в изученных группах пациентов (Табл.7.). Достоверная разница между группами в возникновении окклюзии наблюдалась при TTG< 1-2(Табл.6.)

Таблица 8 – Результаты в изученных группах пациентов после лечения

Характеристики		1-я группа n=110	2-я группа n=70	3- группа n=90
	0/1	1(0,091%)	0(0%)	7(7,78%)
T1M1	2	2(1,82%)	0(0%)	5(5,56%)
	3	10(9,1%)	70(100,0%)	78(86,7%)
	0/1	36(32,7%)	5(7,1%)	78(86,7%)
MBG	2	36(32,7%)	32(45,7%)	32(35,6%)
	3	64(58,1%)	33(47,1%)	42(46,7%)

Таблица 9 – Осложнения в изученных группах пациентов

	(n=110)	(n=70)	(n=90)
Кардиогенный шок(%) –абс (%)	1(1,8%)	0(0%)	
Отек легких(%) –абс (%)	3(2,7%)	2 (2,9%)	5(2,2%)
ОНМК(%) –абс (%)	0(0%)	0(0%)	1(1,1%)
Фибрилляция предсердий(%) –абс (%)	5(4,5%)		2(2,9%)
Летальный исход(%) –абс (%)	2(1,8%)		0 (0%)
Дистальная эмболизация(%) –абс (%)	7(6,4%)	5(7,1%)	10(11,1%)
Диссекция интимы(%) –абс (%)	2(1,8%)	0(0,0%)	3(3,3%)

#### Заключение

Наличие большого внутри просветного тромба (TTG>3) в инфарктотответственной артерии является основной причиной неблагоприятных результатов эндоваскулярных процедур у больных с острым инфарктом миокарда. Мануальная вакуумная тромбэкстракция, в таких случаях, позволяет достоверно чаще оптимизировать ангиографические результаты и снизить частоту постпроцедурных осложнений. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в группе с проведенной тромбаспирацией ангиографические результаты лучше чем в группе без проведения данной процедуры, о чем свидетельствуют показатели TIMI B MBG. Случаи возникновения дистальной эмболизации также меньше в группе с тромбаспирацией.

#### Список литературы / References

1. Stone, A. Intracoronary abciximab ab aspiration thrombectomy in patients with large anterior myocardial infarction: the INFUSE-AMI /Stone A, Maehara B, Witzenbichle G// randomized trial. JAMA.-2012. - Vol. 307. - P. 1817-26
2. Valente, S. Thrombus aspiration in elderly STEMI patients: A single center experience. / S. Valente, C. Lazzeri, A. Mattesini // Intern. J. Cardiol. - 2013. - Vol.168. – P. 3097–3099.
3. O'Gara P.T Guideline for the management of STElevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology Foundation. /P.T.O'Gara, F.G.Kushner, D.D. // J. Am. Coll. Cardiol. - 2013. - Vol. 61. - P. 78–90.
4. Onuma Y. Randomized study to assess the effect of thrombus aspiration on flow area in patients with ST elevation myocardial infarct/ Y. Onuma, L. Thuesen, R.J.Geuns. // trial. Eur. Heart J. -2013.- Vol.34. - P. 1050–1060.
5. Tanboga I.H. Determinants of angiographic thrombus burden in patients with ST-segment elevation myocardial infarction./ H.I. Tanboga, S. Topcu, E. Aksakal// Clin Appl Thromb Hemost. -2014- Vol.20 - P. 140-145.
6. O'Gara P.T. Guideline for the management of STElevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology Foundation. /P.T.O'Gara,G. Levine G. // J. Am. Coll. Cardiol. - 2013 -. Vol.61. – P. 78–88.
7. Mehta S. Compulsive Thrombus Management in STEMI Interventions./ S. Mehta S., J. Kostela, E. Oliveros E.// Intervent. Cardiol. Clin. -2012-. Vol.1. - P. 485–505.

8. Costopoulos C. Use of thrombectomy devices in primary percutaneous coronary intervention: a systematic review and metaanalysis. / C. Costopoulos, D. A. Gorog D, C. Di Mario. // Intern. J. Cardiol. - 2013. - Vol.163. - P. 229–241.
9. De Carlo M. A prospective randomized trial of thrombectomy versus no thrombectomy in patients with STsegment elevation myocardial infarction and thrombus-rich lesions: MUSTELA (MULTidevice Thrombectomy in Acute STSegment Elevation Myocardial Infarction). / M. De Carlo M, G.D. Aquaro, C. Palmieri // trial. JACC. Cardiovasc. Interv. - 2012. Vol.5. - P. 1223–1230.
10. Levine G.N. ACCF/AHA/SCAI guideline for percutaneous coronary intervention: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. / G.N. Levine, E.R. Bates, J.C. Blankenship. // J Am Coll Cardiol. - 2012. - Vol.58. - P. 44-122.
12. Fröbert O. Thrombus aspiration during STsegment elevation myocardial infarction. / O. Fröbert O, B. Lagerqvist, G.K. Olivecrona. // N. Engl. J. Med. - 2013. - Vol.369. - P. 1587–1597.
13. Dziewierz A. Minerva Cardioangiolog of MGuard coronary stent system / A. Dziewierz, D. Dudek, C. Trani. // Advantages - 2012. - Vol.60. - P. 141-3.
14. Burzotta F. Manual thrombus aspiration improves myocardial reperfusion: the randomized evaluation of the effect of mechanical reduction of distal embolization by thrombus aspiration in primary and rescue angioplasty (REMEDIA) / F. Burzotta, C. Trani, E. Romagnoli. // trial. J. Am. Coll. Cardiol. - 2011. - Vol.46. P. 371-376.
15. Silva-Orrego P. Thrombus Aspiration Before Primary Angioplasty Improves Myocardial Reperfusion in Acute Myocardial Infarction: The DEAR-MI (Dethrombosis to Enhance Acute Reperfusion in Myocardial Infarction) / P. Silva-Orrego, P. Colombo, R. Bigi // Study. J Am Coll Cardiol - 2012. - Vol.24. - P. 48-55.
16. Armstrong P. A comparison of pharmacologic therapy with/without timely coronary intervention vs. primary percutaneous intervention early after ST-elevation myocardial infarction: the WEST (Which Early ST-elevation myocardial infarction Therapy) study / Armstrong P. // Eur Heart J. - 2010. - Vol.27. - P. 1530- 1538.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.058>

Романенкова Ю.С., Кузьминова Т.И., Кызымко М.И.

Студенты 5 курса лечебного факультета, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет) в г. Москва

#### ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА НЕВРОЛОГИЧЕСКОГО ДЕФИЦИТА ПРИ ГИПОТИРЕОЗЕ

##### Аннотация

*Среди всех эндокринологических заболеваний лидирующее место по частоте встречаемости занимает гипотиреоз. Сбой в работе щитовидной железы неминуемо отражается на всех системах организма, что, как правило, приводит к полиморфной симптоматике и маскировке под клинические картины других заболеваний. Поэтому в данной статье рассмотрены все возможные проявления данного заболевания, в том числе его «маски», что имеет большое практическое значение для врачей многих профилей. Работа имеет междисциплинарный характер, но, в частности, написана на стыке эндокринологии и неврологии. Авторами была предпринята попытка взгляда на гипотиреоз со стороны невролога и доказана актуальность и значимость выявления данного синдрома при неврологическом исследовании. В статье собраны и описаны основные неврологические нарушения, связанные с гипотиреозом: гипотиреоидная миопатия, миопатический феномен, поражение черепных и периферических нервов, энцефалопатия. Особое внимание уделено всем известным и применяемым на сегодняшний день методам диагностики гипотиреоза, потому что правильная и своевременная диагностика позволяет избежать длительного диагностического поиска и исключить патологию со стороны других систем организма при полиморфном течении заболевания. А это имеет большую практическую и экономическую значимость.*

**Ключевые слова:** гипотиреоз, щитовидная железа, полинейропатия, мононевропатия.

Romanenkova Yu.S., Kuzminova T.I., Kyzymko M.I.

Student of the 5<sup>th</sup> Year of Study of the Faculty of Medicine,

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (Sechenov University)" in Moscow

#### DIFFERENTIAL DIAGNOSTICS OF NEUROLOGICAL DEFICIENCY IN CASE OF HYPOTHYROIDISM

##### Abstract

*Hypothyroidism occupies the leading place among all endocrinological diseases from the point of view of frequency. Failure in the thyroid gland work inevitably affects all body systems, which, as a rule, leads to polymorphic symptoms that can be taken for other diseases. Therefore, in this article we considered all possible manifestations of the disease, including its "masks," which is of great practical importance for doctors of many profiles. The work is of an interdisciplinary nature, but is written at the junction of endocrinology and neurology. The authors attempted to look at hypothyroidism from the neurologist's perspective and proved the relevance and significance of identifying this syndrome in a neurological study. The article collected and described the main neurological disorders associated with hypothyroidism and namely hypothyroid myopathy, myopathic phenomenon, cranial and peripheral nerve damage, encephalopathy. Particular attention is paid to all known and currently used methods for diagnosing hypothyroidism, because correct and timely diagnosis allows avoiding lengthy diagnostics and eliminating pathology in other body systems in the polymorphic course of the disease which has great practical and economic significance.*

**Keywords:** hypothyroidism, thyroid gland, polyneuropathy, mononeuropathy.

**П**од гипотиреозом понимают объединение ряда симптомов, возникающих вследствие продолжительной и стойкой нехватки гормонов щитовидной железы или снижения рецепторного ответа на клеточном уровне в тканях организма. Гипотиреоз может возникнуть при различных патологиях, в связи с этим его выделяют в качестве клинического синдрома. Среди всех эндокринологических заболеваний занимает лидирующую позицию. Заболеваемость среди женщин составляет в среднем 19 на 1000, а среди мужского пола гипотиреоз можно выявить в 1 случае из 100. В общей популяции гипотиреоз можно обнаружить у 2 % населения.

Щитовидная железа считается самой крупной железой в эндокринной системе. Благодаря гормонам, которые она вырабатывает, в нашем организме сбалансировано протекают обменные и иммунные процессы. Следовательно, жизнедеятельность каждой клетки находится под контролем щитовидной железы. Сбой в ее работе неминуемо и всесторонне будет отражаться на всех системах нашего организма. Такая полиморфная симптоматика, маскируясь под клинические картины других заболеваний, затрудняет диагностику гипотиреоза.

С точки зрения патогенеза гипотиреоз классифицируют на первичный (ткань щитовидной железы теряет свою активность), вторичный (проблема возникает в работе гипофиза), третичный (нарушение работы еще одной структуры головного мозга - гипоталамуса), тканевой (транспортный, периферический). По степени тяжести выделяют латентный гипотиреоз (субклинический) – повышение уровня ТТГ при неизменном Т4, манифестный – гиперсекреция ТТГ при снижении уровня Т4, клинические проявления (компенсированный, декомпенсированный), осложненный. Первичный гипотиреоз превалирует среди всех имеющихся форм, как следствие аутоиммунного тиреоидита, развивающегося после хирургического вмешательства на щитовидной железе, а также при терапии радиоактивным  $I^{131}$  [13, С. 745].

В связи с полисистемностью гипотиреоз не всегда сразу удастся выявить. Жалобы пациентов неспецифические и нередко не отличаются от жалоб здоровых, но утомленных от интенсивной работы людей. Больные отмечают постепенное увеличение массы тела, одутловатое лицо, бледно-желтушного оттенка, сухость, утолщение кожи, увеличение размеров обуви, потускнение и выпадение волос. Отечность слизистой гортани может вызывать затруднение речи. У пациентов возникает вялость, замедленность или даже заторможенность. Страдает интеллектуальная сфера, снижается память, концентрация внимания.

Но у больных не возникает разом поражение всех систем, зачастую жалобы и симптомы относятся к какой-либо одной системе, в связи с чем возможна излишняя диагностика заболеваний, т.н. «маски» (рисунок 1) [8, С. 48].



Рис. 1 – Маски гипотиреоза

Необходимо при осмотре обращать внимание на детали и тщательно собирать все симптомы, которые затем складываются в синдромы, присущие гипотиреозу. Синдромы выделяют на основе тех систем, которые поражены.

1) *Гипотермически-обменный синдром.* На фоне незначительно увеличенной массы тела, аппетит у таких пациентов снижен, а в сочетании с депрессией не происходит существенная прибавка в весе. При этом синдроме отмечается также понижение температуры тела.

2) *Гипотиреоидная дермопатия и синдром эктодермальных нарушений.* Изменяется внешний вид пациентов, у них отмечается микседематозный («слизистый») отек и периорбитальный отек, одутловатость лица, отечный язык с выраженными отпечатками зубов, желтушный оттенок лица.

3) *Нарушение органов чувств.* Снижение функционирования органов также возникают из-за сильного отека и набухания. У пациентов возникают трудности с носовым дыханием, слухом, голосом.

4) *Анемический синдром.*

5) *Гиперпролактинемический гипогонадизм.*

6) *Обструктивно-гипоксемический синдром.* Отек слизистой дыхательных путей, а также нарушение чувствительности рецепторов дыхательного центра вызывают обструктивное апноэ во сне [7, С. 295].

Помимо вышеперечисленного гипотиреоз влияет на деятельность сердечно-сосудистой системы, захватывает работу пищеварительного тракта. Наиболее заметный отпечаток проявления гипотиреоза откладывается на центральной и периферической нервной системы.

При всех нозологических единицах, сопровождающихся синдромом гипотиреоза возможны различные неврологические нарушения, заподозрить наличие которых может как врач-эндокринолог, так и врач-невролог, к которому впервые обратился данный пациент.

В литературе детально изучены такие нервно-мышечные нарушения при гипотиреозе, как миотонический феномен, гипотиреодная миопатия и поражение периферических нервов. Однако, стоит отметить, что информация о распространенности таких неврологических проявлений у пациентов весьма спорная. По данным исследований разных авторов полиневропатия встречается у 3,2 -90% пациентов, миопатия - у 4,4-80%, а миотонический феномен наблюдают у 15,9-96,8% больных. Самыми часто встречаемыми в структуре хронической энцефалопатии являются нарушения интеллекта и психоэмоциональной сферы. Намного реже встречаются органические поражения головного мозга, например, мозжечковая дегенерация в виде шаткости при ходьбе, головокружения, дизартрии, нистагма и поражения черепных нервов [6, С. 137].

Гипотиреодная миопатия проявляется слабостью проксимальных мышц тазового пояса, которая нарастает в течение нескольких месяцев или лет. У многих пациентов мышечная слабость сопровождается замедлением сокращения и релаксации мышц, их напряженностью, которая часть расценивается неврологом как скованность. Реже встречаются миалгии. При исследовании сухожильных рефлексов они вызываются со значительной задержкой.

Миотонический феномен заключается в замедленном расслаблении мышц. Именно из-за замедленного расслабления мышц, а не из-за увеличения размера мышечных волокон у пациентов, особенно детского возраста происходит гипертрофия мышц конечностей и языка, который объединяют под названием синдром Гоффмана. Мышечные гипертрофии имеют сходство с истинной гипертрофией, в таком случае пациенту ошибочно может быть поставлен диагноз врожденной миотонии. У трети пациентов может наблюдаться отечность мышц. Из-за гипертрофии языка, которая может так же появляться из-за отложения мукополисахаридов в нем, отека и миопатии в области ротоглотки и гортани, давления зоба у пациентов могут возникать обструктивные апноэ во сне, которые с высокой вероятностью заставят пациента обратиться к врачу. Регрессия симптомов апноэ может произойти на фоне успешной коррекции основного заболевания, которое провалилось синдромом гипотиреоза [10, С.166].

Как было сказано выше у пациентов с гипотиреозом может быть диагностирована дистальная сенсорная или сенсомоторная полиневропатия (по типу «перчаток и носков»). Полиневропатия может быть умеренно или слабо выражена. Частой жалобой таких пациентов являются парестезии в конечностях. При неврологическом обследовании выявляются выпадение ахилловых рефлексов, а так же нарушения чувствительности: вибрационной и мышечно-суставной.

Полиневропатию необходимо дифференцировать от синдрома множественной мононевропатии, при котором проявления являются асимметричными. У одной десятой от всех пациентов выявляется карпальный туннельный синдром. Кроме того, увеличение щитовидной железы может провоцировать сдавление диафрагмального нерва, симпатического ствола и возвратного нерва, вызывая соответственно парез диафрагмы, синдром Горнера и дисфонии [12, С. 70].

При нервно-мышечных симптоматике проведение адекватной терапии тироксином приводит к регрессии упомянутых выше нарушений.

Гипотиреодная хроническая энцефалопатия характеризуется нарушением памяти, внимания, замедленностью мышления, заторможенностью, головной болью, быстрой утомляемостью, сонливостью. При сочетании тяжелой микседемы и пожилого возраста пациента возможно развитие деменции подкоркового типа, проявлениями которой являются апатия, сонливость в дневное время, резкое замедление психической деятельности и речи. Были зарегистрированы случаи галлюцинации и делирия у пациентов на фоне гипотиреоза. Правильно подобранная заместительной терапии может почти полностью нивелировать проявления деменции [4, С.61].

Необходимо выделить отдельный вид при тиреоидите Хашимото-энцефалопатия Хашимото, проявлениями которой являются подостро или остро развивающиеся угнетение и спутанность сознания, деменция, парциальные и/или генерализованные эпилептические припадки, миоклония, тремор и различная очаговая неврологическая симптоматика. При быстром нарастании симптомов говорят об инсультообразном начале. У остальных пациентов данная энцефалопатия напоминает или прогрессирующую мозжечковую, или оливопонтocerebellарную дегенерацию. В отличие от описанных ранее неврологических проявления, даже при правильном подборе комбинированной терапии, состоящей из глюкокортикостероидов и цитостатиков часто возможны рецидивы болезни [11, С. 167].

Кроме того, у пациентов с гипотиреозом возможно поражение черепных нервов. Примерно у 3/4 пациентов отмечается обратимая нейросенсорная тугоухость (такие пациенты могут обратиться к ЛОР-врачу с жалобами на снижение слуха и шум в ушах). Возможны так же обратимые при лечении основного заболевания нарушения обоняния и вкуса. У пациентов с гипотиреозом в 2 раза чаще по отношению к остальной популяции наблюдается парез мимической мускулатуры, в следствие невропатии лицевого нерва. При нейроофтальмологическом осмотре можно выявить два разных симптомокомплекса: у одних пациентов регистрируется невропатия зрительного нерва(и как итог- снижение остроты зрения, атрофия диска зрительного нерва и центральная скотома), у других пациентов- появление дефектов полей зрения и отек дисков зрительных нервов. Во втором случае появление дефектов полей зрения выявляется только у пациентов с первичным гипотиреозом из-за сдавления хиазмы компенсаторно увеличенным гипофизом [9, С. 142].

### **Диагностика**

Диагностика гипотиреоза представляет некоторые трудности в связи с неспецифичностью жалоб и полисистемностью. Большое количество заболеваний – «масок» часто сбивает с толку специалистов и диагностический поиск затягивается на многие месяцы, прежде чем будет выставлен правильный диагноз. Поэтому правильная и своевременная диагностика гипотиреоза имеет большое практическое значение для врачей разных

специализаций. В данном случае мы более детально рассматриваем **неврологические** проявления гипотиреоза [4, С.61].

Стандартная схема диагностического поиска начинается со сбора жалоб и анамнеза, имеющих большое значение для диагностики гипотиреоза. Нельзя забывать о пальпации щитовидной железы. С помощью общего и биохимического анализов крови мы можем заподозрить или исключить признаки аутоиммунного воспаления или инфекции, однако эти показатели неспецифичны.

Наибольшее значение имеет исследование крови на гормоны:

- Свободный Т4 (общий тироксин и тетраодтиронин) при гипотиреозе снижен
- Т3 (общий трийодтиронин) снижен
- ТТГ – при первичном гипотиреозе повышен, при вторичном снижен

Для дифференциальной диагностики различных видов гипотиреоза необходимо исследовать уровень антител:

- АТТ – рТТГ (антитела к рецепторам гормонов щитовидной железы)–

Если превышены, то можно думать о периферическом гипотиреозе

АТ к тиреопероксидазе (ТПО) – говорят в пользу аутоиммунной природы тиреоидита.

- АТ-ТГ (антитела к тиреоглобулину)

Следующим этапом будут инструментальные методы обследования:

- УЗИ щитовидной железы – для оценки размера и выявления структурных изменений
- Радиоизотопная скintiграфия – позволяет получить морфофункциональную характеристику железы.

Из дополнительных методов инструментального исследования в диагностике заболеваний щитовидной железы могут использоваться МРТ, КТ, рентген, тонкоигольная аспирационная биопсия, ЭМГ, ЭНМГ, рефлексометрия.

Вследствие высокой частоты распространения гипотиреоидных миопатий, равной 30-40% от всех больных гипотиреозом, всем пациентам показана еще одна методика исследования – перкуссия мышц. Таким образом выявляется миозема – локальное сокращение мышц в виде «валика» или «холмика», вследствие повышенной механической возбудимости мышц, и отсутствие биоэлектрической активности при ЭМГ. Часто отмечают нарушение цикла сокращения мышц в виде увеличения времени сокращения и расслабления и задержку рефлекторного ответа.

Также пациентам с гипотиреозом по стандартам предусмотрено обязательное проведение ЭКГ и Эхо-КГ. Это обусловлено тем, что гиперлипидемия при гипотиреозе приводит к развитию атеросклероза, и, таким образом играет роль в возникновении и течении ИБС. А еще, относительно недавно, стали диагностировать синдром микседематозного сердца, проявляющийся брадикардией, на ЭХО-КГ признаками кардиомегалии, изменениями на ЭКГ в форме снижения вольтажа зубцов и инверсией зубца Т [5, С.25].

Всем пациентам после установления первичного гипотиреоза необходимо провести неврологическое обследование, что обусловлено частым поражением центральной и периферической нервной систем при этом заболевании. Оно должно включать:

1. Осмотр, сбор жалоб и анамнеза
2. Оценка психического статуса пациента
3. Исследование двигательной функции
4. Исследование мышечной силы
5. Исследование чувствительности
6. Исследование рефлексов
7. Исследование вегетативной нервной системы

Учеными была выявлена такая особенность: если у пациентов повышены АТ только к тиреопероксидазе, то у них чаще поражается только центральная нервная система, а при повышении антител к тиреоглобулину чаще поражаются периферические нервы и нарушается нервно-мышечная передача [3, С.115].

При гипотиреоидной миопатии обнаруживается умеренная слабость мышц, иногда их похудание, редко атрофии, глубокие рефлексы сохранены, фасцикуляций нет. При электромиографии (ЭМГ) и биопсии мышцы обнаруживают неспецифические миопатические изменения.

Синдром Гоффмана чаще характеризуется похуданием мышц шеи, туловища и конечностей. Мышечная гипертрофия наблюдается в икроножных мышцах и четырехглавых мышцах бедер. На электромиографии отмечают усиление активности введения, сложные повторные разряды, часто отсутствуют признаки миотонии. При произвольных усилиях обнаруживается типичная миопатическая активность. Если дополнительно сделать биопсию, можно обнаружить миопатические изменения [2, С.228]. Для того, чтобы поставить правильный диагноз, нужно провести дифференциальную диагностику с многими заболеваниями различной этиологии, имеющими сходную клиническую картину (таблица 1).

Таблица 1 – Дифференциальная диагностика синдрома Гоффмана

Заболевание	Этиология	Клиника	Диагностика
Синдром Гоффмана	Гипертрофия мышечных волокон вследствие гипотиреоза.	Гипертрофия и болезненность мышц, спазмы, псевдомиопатия.	↓Т3,Т4, ↑ТТГ, ↑АТ-ТГ, изменения при ЭМГ, биопсии.
Миотония Томсена	Нарушение мионевральной проводимости вследствие мутации гена CLCN1	Гипотония мышц в покое, гипертонус и спазм при движении, длительное расслабление после начала движения.	Семейный анамнез, ДНК-тест, миотонический симптом, характерные изменения при ЭМГ, ЭНМГ, биопсии.
Паркинсонизм	Нарушение обмена катехоламинов в экстрапирамидной системе.	Гипокинезия, ригидность, тремор, постуральная неустойчивость.	Неврологический осмотр, реакция на леводопу, ПЭТ, МРТ, РЭГ, УЗДГ сосудов шеи и головного мозга.
Отечная форма полимиозита	Системное аутоиммунное заболевание, выработка АТ к мышцам.	Болевой синдром, мышечная слабость, ригидность, атрофия, возможно поражение суставов и внутренних органов.	Лейкоцитоз, ↑СОЭ, ↑АЛТ, АСТ, КФК, изменения при ЭМГ, также ЭКГ, УЗИ органов брюшной полости и сердца, рентген, биопсия мышц.
Гликогенез (синдром Мак-Адра)	Дефект гена, отвечающего за фермент гликогенфосфорилазу.	Слабость и боли в мышцах, судороги.	Генетическое исследование, ↑КФК, ↑молочной кислоты, ЭМГ, биопсия мышц, транзиторная миоглобинурия, ишемический нагрузочный тест, ЭХО-КГ.

Для диагностики полинейропатии может быть достаточно неврологического обследования, включающего простые тесты для проверки рефлексов, мышечной силы, чувствительности к температуре и другим ощущениям, координации. Полиневропатию необходимо дифференцировать от синдрома множественной мононевропатии, при котором проявления являются асимметричными. Для их диагностики применяют также электронейромиографию (ЭНМГ).

При гипотиреотической энцефалопатии наблюдаются вялость, апатия, безразличие к окружающему, снижение памяти, внимания и интеллекта. Эти симптомы могут предшествовать нервно-мышечным проявлениям [1, С.354].

#### Список литературы / References

1. Балаболкин, М.И. Дифференциальная диагностика и лечение эндокринных заболеваний. Руководство / Балаболкин М.И., Клебанова Е.М., Креминская В.М. – Медицинское информационное агентство, 2008. – С. 752.
2. Гехт, Б.М. Электромиография в диагностике нервно-мышечных заболеваний / Б.М Гехт, Л.Ф. Касаткина, М.И. Самойлов, А.Г. Санадзе. – Таганрог: Издательство ТРТУ, 1997. – С. 370.
3. Дривотинов, Б.В. Поражения нервной системы при эндокринных болезнях / Б.В. Дривотинов, М.З. Клебанов. – М.-Н.: Беларусь, 1989. – С. 208.
4. Калинин А.П., Котов С.В., Карпенко А.А. Неврологические маски гипотиреоза у взрослых. Патогенез, клиника, диагностика //Клиническая медицина. - 2003, -№10.-С. 58-62.
5. Моргунова Т., Фадеев В., Мельниченко Г. Диагностика и лечение гипотиреоза // Врач. - 2004. - №3. - С. 26-27.
6. Никанорова, Т. Ю. Неврологические и клиничко-иммунологические аспекты первичного гипотиреоза: дис. канд. мед. наук., Ярославская государственная медицинская академия федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию. – Ярославль, 2006. – С.1–155.
7. Петунина Н.А. Синдром гипотиреоза // РМЖ. 2005. №6. С. 295.
8. Петунина Н.А., Трухина Л.В., Мартиросян Н.С., Петунина В.В. Поражение различных органов и систем при гипотиреозе // Эффективная фармакотерапия. Эндокринология. №1 (4). 2016. С. 46-49.
9. Спирин Н.Н., Ширманова Е.В. Поражение нервной системы у больных первичным гипотиреозом II. Актуальные вопросы клинической эндокринологии: Сб. науч. статей. – Ярославль, 2004. – С. 140–143.
10. Cakir M, Samanci N, Balci N, Bald MK. Musculoskeletal manifestations in patients with thyroid disease. // Clin Endocrinol. 2003. - Vol.59. - 162-167.
11. Ferracci F, Bertiaro G, Moreno G. Hashimoto's encephalopathy: epidemiologic data and pathogenetic considerations // J. Neurol Sci. – 2004. -Vol. 217. -P.165-168.
12. Nebuchennykh M, Løseth S, Mellgren SI. Aspects of peripheral nerve involvement in patients with treated hypothyroidism. Eur J Neurol. 2010;17(1):67-72.



13. Braverman L.E., Utiger R.D. The thyroid: a Fundamental and clinical text. 10th ed. Philadelphia: Lippicott Williams & Wilkins, 2013. P.735-878

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Balabolkin, M.I. Differencial'naja diagnostika i lechenie jendokrinnyh zabolevanij. Rukovodstvo [Differential diagnosis and treatment of endocrine diseases. Leadership]/ Balabolkin M.I., Klebanova E.M., Kreminskaja V.M. - Medicinskoe informacionnoe agentstvo, 2008. – P. 752. [in Russian]
2. Geht, B.M. Jeletromiografija v diagnostike nervno-myshechnykh zabolevanij [Electromyography in the diagnosis of neuromuscular diseases]/ B.M Geht, L.F. Kasatkina, M.I. Samojlov, A.G. Sanadze. – Taganrog: Izdatel'stvo TRTU, 1997. – P. 370. [in Russian]
3. Drivotinov, B.V. Porazhenija nervnoj sistemy pri jendokrinnyh boleznyh [Disorders of the nervous system in endocrine diseases]/ B.V. Drivotinov, M.Z. Klebanov. – M.N.: Belarus', 1989. – P. 208. [in Russian]
4. Kalinin A. P., Kotov S. V., Karpenko A.A. Nevrologicheskie maski gipotireoza u vzroslyh. Patogeneza, Klinika. Diagnostika. [Neurological masks of hypothyroidism in adults. Pathogenesis, Clinic. Diagnostics.] // Klinicheskaja medicina [Clinical medicine]. 2003, T. 81, №10. P. 58-62. [in Russian]
5. Morgunova T., Fadeev V., Mel'nichenko G. Diagnostika i lechenie gipotireoza [Diagnosis and treatment of hypothyroidism]/ Vrach [Doctor], - 2004. - Ns 3. - P. 26-27. [in Russian]
6. Nikanorova, T. Ju. Nevrologicheskie i kliniko-immunologicheskie aspekty pervichnogo gipotireoza [Neurological and clinical-immunological aspects of primary hypothyroidism]: dis. kand. med. nauk., Jaroslavskaja gosudarstvennaja medicinskaja akademija federal'nogo agentstva po zdavooohraneniju i social'nomu razvitiyu [Dis. Cand. Medical Sciences., Yaroslavl State Medical Academy of the Federal Agency for Health and Social Development]. - Jaroslavl'. 2006. – P.1–155. [in Russian]
7. Petunina N.A. Sindrom gipotireoza [Hypothyroidism syndrome] // RMZh [Russian medical journal]. 2005. №6. P. 295. [in Russian]
8. Petunina N.A., Truhina L.V., Martirosjan N.S., Petunina V.V. Porazhenie razlichnyh organov i sistem pri gipotireoze [The defeat of various organs and systems in hypothyroidism]. Jeffektivnaja farmakoterapija. Jendokrinologija [Effective pharmacotherapy. Endocrinology]. №1 (4). 2016. P. 46-49. [in Russian]
9. Spirin H.H., Shirmanova E.V. Porazhenie nervnoj sistemy u bol'nyh pervichnym gipotireozom II [The defeat of the nervous system in patients with primary hypothyroidism II]. Aktual'nye voprosy klinicheskoy jendokrinologii: Sb. nauch. Statej [Actual questions of clinical endocrinology: Collection of scientific articles]. - Jaroslavl', 2004. – P. 140–143. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.017>

Черных Е.А.<sup>1</sup>, Лавлинская Т.А.<sup>2</sup>, Лавлинская Л.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-5741-0444, Ассистент,

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко», Воронеж

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-8169-4336, Ассистент,

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко», Воронеж

<sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-3526-3658, Доктор медицинских наук, профессор

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко», Воронеж

#### ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ БОЛЬНЫХ ПОСЛЕ ПЕРЕНОСЕННОГО ОСТРОГО НАРУШЕНИЯ МОЗГОВОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ПО ИШЕМИЧЕСКОМУ ТИПУ

*Аннотация*

Одной из основных задач практического здравоохранения и неврологической службы в частности, является снижение распространенности развития сосудистых заболеваний головного мозга, а в случае развития инсульта - оказание своевременной и эффективной высокотехнологичной специализированной медицинской помощи. Все пациенты с инсультом как можно в короткие сроки должны получить специализированную медицинскую помощь, а также пройти все необходимые последующие реабилитационные мероприятия. Все это позволит снизить показатели смертности и заболеваемости острым нарушением мозгового кровообращения.

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистые заболевания, инсульт, смертность, инвалидность, реабилитация.

Chernykh E.A.<sup>1</sup>, Lavlinskaya T.A.<sup>2</sup>, Lavlinskaya L.I.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0002-5741-0444, Assistant,

FSBEI HE «Voronezh state medical University N.N. Burdenko», Voronezh

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-8169-4336, Assistant,

FSBEI HE «Voronezh state medical University N.N. Burdenko», Voronezh

<sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-3526-3658, MD, Professor

FSBEI HE «Voronezh state medical University N.N. Burdenko», Voronezh

#### EVALUATION OF FUNCTIONAL RESTORATION OF PATIENTS AFTER ISCHEMIC TYPE ACUTE DISORDER OF CEREBRAL CIRCULATION

*Abstract*

One of the main tasks of practical health care and neurological service in particular is to reduce the prevalence of cerebrovascular disease, and in the case of stroke – to render high-tech specialized medical care timely and effective. All patients with stroke should receive specialized medical care as soon as possible, as well as undergo all the necessary follow-up rehabilitation measures. All this will reduce the mortality and morbidity rates of acute cerebrovascular accidents.

**Keywords:** cardiovascular diseases, stroke, mortality, disability, rehabilitation.

**А**ктуальность. «В работе Л.И. Лавлинской, Е.А. Черных, Т.А. Лавлинской «Оценка основных факторов риска болезней системы кровообращения трудоспособного населения» отмечают, что основные причины неблагополучия общественного здоровья населения России связано с проблемой сверхсмертности (2015 г.: Российская Федерация – 13,6‰, Воронежская область – 15,4‰), низкой рождаемостью (2015 г.: РФ – 12,8‰, Воронежская область – 11,1‰), низкой средней продолжительностью жизни (2015 г.: РФ – 71,4 лет), Воронежская область – 71,6 лет), высокой распространенностью социально-значимой патологии (сердечно-сосудистые, онкологические заболевания, травмы, туберкулёз, психические расстройства, сахарный диабет, алкоголизм, самоубийства и другое) [8, С. 192].

Сердечно-сосудистые заболевания – это собирательный термин, в который также входит нарушение мозгового кровообращения, являющееся одной из важнейших проблем современного здравоохранения. Л.И. Лавлинская, Е.А. Черных в работе «Медико-социальные аспекты сердечно-сосудистой заболеваемости и пути профилактики» отмечают, что медико-социальная проблема данного заболевания заключается в высоких показателях смертности, инвалидизации населения, заболеваемости с временной утратой трудоспособности» [7, С. 178].

На сегодняшний день сосудистая патология центральной нервной системы по-прежнему является актуальной. «Инсульт занимает лидирующее место по количеству временной нетрудоспособности и инвалидности среди населения. Все пациенты с инсультом как можно в короткие сроки должны получить специализированную медицинскую помощь, а также пройти все необходимые последующие реабилитационные мероприятия» [7, С. 179].

Отсутствие современного и адекватного лечения ведет к возникновению необратимых анатомических и функциональных изменений, к росту летальности, бытовой и социальной дезадаптации больных. Согласно данным анализа, современное состояние профилактики и лечения больных с нарушением мозгового кровообращения нуждаются в совершенствовании и реорганизации.

Цель исследования: оценка эффективности реабилитации больных с цереброваскулярными заболеваниями.

Материалы и методы.

Использовали метод социального исследования – выкопировка данных из учетно-отчетной документации медицинских организаций в специально разработанные формы учета: "Карты больного, госпитализированного по поводу инсульта" и "Карта больного инсультом, получавшего амбулаторное лечение". Кроме этого, проводилось анкетирование больных с ОНМК через 1 месяц и 1 год от начала заболевания. Было обследовано 230 пациентов первого неврологического отделения городской клинической больницы скорой медицинской помощи № 1 г. Воронежа. Проводилось определение степени тяжести заболевания по шкале инсульта Национального института здоровья (NIHSS, National Institutes of Health Stroke Scale, Brott T., Adams H.P., 1989), невозможность самостоятельных передвижений по индексу мобильности Ривермиды и оценка степени инвалидизации по шкале Ранкина.

Анкетированием через 1 год были охвачены 98,0 % больных, при этом у 35,5% пациентов отмечалось минимальное восстановление, удовлетворительное – у 37,5%, полное лишь у 27,0%.

Результаты и обсуждение.

В исследовании пациенты среднего возраста (30-60 лет) составили 73,4%; пациенты пожилого возраста (61-75 лет) – 23,3 %; пациенты старческого возраста (75-90 лет) – 3,3%. Среди пациентов 48,4 % составили женщины, 51,6 % мужчины. Доля работающих пациентов составила 63,3 %.

В структуре заболеваемости острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) преобладают нарушения ишемического типа, составляющие около 80%. В последние годы частота ишемических инсультов в 2–3 раза превышает количество инфарктов миокарда.

Проблема ОНМК заключается не только в тяжести заболевания, но также в его последствиях, которые носят очень серьезный экономический и социальный характер.

Это связано с тем, что заболеваемость инсультом с каждым годом молодеет, риск ОНМК становится выше не только у пенсионеров, но и что очень важно с экономической точки зрения, у работающего – трудоспособного населения. Все это несёт в совокупности не только затраты на лечение, но и потерю трудовых ресурсов, что приводит к уменьшению финансовой выгоды работодателей, и снижению выплат в Фонд обязательного медицинского страхования.

В условиях специализированной поликлиники восстановительному лечению подлежат больные, которые после ОНМК имеют нарушения двигательные, чувствительные или речевые.

Для проведения восстановительного лечения больных, перенесших ОНМК, направляют в поликлинику восстановительного лечения, которые сохранили способность к самообслуживанию и самостоятельному передвижению, не имеющие соматических противопоказаний.

При определении степени тяжести заболевания установлено, что лёгкий инсульт перенесли 53,3%; инсульт средней степени тяжести 40,0%; тяжёлый инсульт – 6,7% пациентов.

Оценка степени инвалидизации показала, что лёгкие нарушения жизнедеятельности было у 26,6%; умеренные нарушения – у 36,6%; выраженные нарушения имело 30,0%; грубые нарушения жизнедеятельности – у 6,8 %.

Первостепенной задачей после инсульта является восстановление двигательной активности. Было установлено по индексу мобильности Ривермиды: 0 баллов (невозможность самостоятельных передвижений) имело 6,8%; 1 балл (повороты в постели) – 26,6 %; 2 балла (переход в положение сидя – 16,6 %; 3 балла (равновесие сидя) – 33,3%; 4 балла (самостоятельное вставание) – 10,0%; 5 баллов (самостоятельное стояние) – 3,3 %; 7 баллов (ходьба по комнате) – 3,3 % больных.

Тромболизная терапия у пациентов с ишемическим инсультом проведена у 6,8 % в стационарных условиях. При опросе установлено, что у части пациентов (5,2%) была проведена догоспитальная тромболитическая терапия. Известно, если во время обследования выявляется тромбоз тех или иных сосудов, то самым, правильным решением станет тромболизис. Эффективность данного метода доказывает статистика – догоспитальный тромболизис снижает

смертность от инсультов и инфарктов до 17%. Конечно же данная терапия предпочтительна именно на догоспитальном этапе, если есть наличие обученного медицинского персонала, персонала скорой помощи, возможности расшифровки ЭКГ. Промедление вызова скорой помощи данные пациенты обосновывали, что надеялись на улучшение состояния. По данным департамента здравоохранения Воронежской области летальность от инсультов в регионе в 2016 г. составила 16% при средней летальности по России до 25%.

Реабилитация после ишемического инсульта представляет собой комплекс медицинских, психологических, педагогических, социально-экономических и профессиональных мероприятий.

Восстанавливаться таким больным в стационаре помогает мультидисциплинарный подход: проводятся нейрорепедические и нейропсихологические занятия, арт-терапия, музыкотерапия, эрготерапия, механотерапия.

Несмотря на это, у группы пациентов, которых анкетировали через 1 год было установлено: степень бытовой адаптации отсутствовала или была минимальной в 27,3% случаев, в 40,1% случаев наблюдалась удовлетворительная адаптация, в 32,6% - достаточная и полная бытовая адаптация, к прежней профессиональной деятельности вернулись только 12,0% из числа заболевших, депрессия наблюдалась у 89,0% больных, из которых 29,8% страдали тяжелой формой депрессии. Это подтверждает то, что постинсультная депрессия является распространенным осложнением после инсульта. По статистике больше трети людей, перенесших инсульт, испытывают в дальнейшем на себе эту душевную патологию.

Выводы:

1. В возрастной структуре наиболее уязвимыми ОНМК оказались мужчины в возрасте 50-65 лет. В структуре заболеваемости исследуемой группы преобладает ишемический инсульт легкой степени тяжести. На момент поступления в стационар в исследуемой группе чаще встречались умеренные и выраженные нарушения жизнедеятельности и преобладание низкого индекса активности, что говорит о повышении наступления инвалидизации пациентов.

2. Низкий процент проведения тромболитической терапии (ТЛТ) свидетельствует о позднем обращении пациентов за специализированной помощью (терапевтическим окном для ТЛТ являются первые 3 часа), это говорит о низкой осведомленности населения о такой серьезной патологии, как острое нарушение мозгового кровообращения, которое на период 2016 года занимает ведущее место среди причин смертности и инвалидности в России и Воронежской области.

3. Следует отметить, что в постинсультном периоде у пациентов отмечалось выраженное депрессивное состояние, повышенная эмоциональность и состояние апатии. Спустя 1 месяц от начала инсульта депрессия наблюдалась у 89,0% больных, из которых 29,8% страдали тяжелой формой депрессии.

4. На основании выявленных особенностей больным с ОНМК должна быть предложена комплексная реабилитация, включающая три этапа: совершенствование профилактики и улучшение качества диагностики и лечения сосудистых заболеваний головного мозга на догоспитальном этапе; улучшение качества стационарной помощи в остром периоде; улучшение качества восстановительного лечения.

#### Список литературы / References

1. Гусев Е. И. Эпидемиология инсульта в России / Е. И. Гусев, В. И. Скворцова, Л. В. Стаховская // Инсульт. Приложение к Журналу неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. - 2003. - № 8 - С. 4-9.
2. Евзельман М. А. Оптимизация помощи больным с острым инсультом в нейрососудистом отделении / М. А. Евзельман, В. И. Байраков // Новые технологии диагностики и лечения неврологических заболеваний. - 2006. - Часть IV. - С. 77-79.
3. Иванова Г. Е. / Г. Е. Иванова, В. М. Шкловский, Е. А. Петрова и др. // Качество жизни. Медицина. - 2006. № 2 (13). - С. 62-70.
4. Скворцова В. И. / В. И. Скворцова, М. А. Евзельман // Ишемический инсульт. - Орел: Из-во ОГУ. - 2006. - С. 4-16.
5. Демиденко Т. Д. / Т. Д. Демиденко, Н. Г. Ермакова // Основы реабилитации неврологических больных. - СПб., 2004. - С. 21-27.
6. Кутапов В. А. Современная терапия цереброваскулярных заболеваний в Воронежском регионе / В. А. Кутапов, И. Э. Сазонов, О. В. Ульянова. // Молодой ученый. - 2016. - №13. - С. 113-118.
7. Лавлинская Л. И. Медико-социальные аспекты сердечно-сосудистой заболеваемости и пути профилактики / Л. И. Лавлинская, Е. А. Черных // Здоровье семьи - XXI век: материалы XVI Международной научной конференции. - Пермь: Из-во «ОТ и ДО», 2012. - С. 178-181.
8. Лавлинская Л. И. Оценка основных факторов риска болезней системы кровообращения трудоспособного населения / Л. И. Лавлинская, Е. А. Черных, Т. А. Лавлинская // Международная научная школа "Парадигма". Лето - 2015 сборник научных статей в 8 томах. Том 7. Медицина ВАРНА. - 2015. - С. 191-197.
9. Инсульт: Руководство для врачей / Под ред. Л. В. Стаховской, С. В. Котова. - М.: ООО «Медицинское информационное агентство». - 2013. - с. 400.
10. Preventing stroke: saving lives around the world. / Strong K. [et al.] // Lancet Neurol. - 2007. - Т. 6, № 2. - P. 182-187.

#### Список литературы / References

1. Gusev Ye. I. Epidemiologiya insul'ta v Rossii [Epidemiology of stroke in Russia] / Ye. I. Gusev, V. I. Skvortsova, L. V. Stakhovskaya // Insul't. Prilozheniye k Zhurnalu nevrologii i psikhiiatrii im. S. S. Korsakova [Stroke. Appendix to the Journal of Neurology and Psychiatry. S. S. Korsakov]. - 2003. - №8 - P. 4-9. [in Russian]
2. Yevzel'man M. A. Optimizatsiya pomoshchi bol'nym s ostrym insul'tom v neyrososudistom otdelenii [Optimization of care for patients with acute stroke in the neurovascular compartment] / M. A. Yevzel'man, V. I. Bayrakov // Novyye tekhnologii diagnostiki i lecheniya nevrologicheskikh zabolevaniy [New technologies for diagnosis and treatment of neurological diseases]. - 2006. - Chast' IV. - P. 77-79. [in Russian]

3. Ivanova G. Ye. / G. Ye. Ivanova, V. M. Shklovskiy, Ye. A. Petrova and others // Kachestvo zhizni. Meditsina [Quality of life. Medicine]. - 2006. №2 (13). - P. 62-70. [in Russian]
4. Skvortsova V. I. / V. I. Skvortsova, M. A. Yevzel'man // Ishemicheskii insul't [Ischemic stroke]. - Orel: Iz-vo OGU. - 2006. - P. 4-16. [in Russian]
5. Demidenko T. D. / D. D. Demidenko, N. G. Yermakova // Osnovy rehabilitatsii nevrologicheskikh bol'nykh [Fundamentals of rehabilitation of neurological patients]. - SPb., 2004. - P. 21-27. [in Russian]
6. Kutashov V.A. Sovremennaya terapiya tserebrovaskulyarnykh zabolevaniy v Voronezhskom regione [Modern therapy of cerebrovascular diseases in the Voronezh region] / V. A. Kutashov, I. E. Sazonov, O.V. Ul'yanova // Molodoy uchenyy [Young Scientist]. - 2016. - №13. - P. 113-118. [in Russian]
7. Lavlinskaya L. I. Mediko-sotsial'nyye aspekty serdechno-sosudistoy zabolevayemosti i puti profilaktiki [Medico-social aspects of cardiovascular morbidity and ways of prevention] / L. I. Lavlinskaya, Ye. A. Chernykh // Zdorov'ye sem'i – XXI vek: materialy XVI Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii [Family Health - XXI century: materials of the XVI International Scientific Conference]. - Perm': Iz-vo «OT i DO», 2012. - P. 178-181. [in Russian]
8. Lavlinskaya L. I. Otsenka osnovnykh faktorov riska bolezney sistemy krovoobrashcheniya trudospobnogo naseleniya [Assessment of the main risk factors for diseases of the circulatory system of the able-bodied population] / L. I. Lavlinskaya, Ye. A. Chernykh, T. A. Lavlinskaya // Mezhdunarodna nauchna shkola "Paradigma". Lyato - 2015 sbornik nauchni statii v 8 toma [International Scientific School "Paradigm". Lato - 2015 collection of scientific articles in 8 volumes]. V. 7. Meditsina VARNA. - 2015. - P. 191-197. [in Russian]
9. Insul't: Rukovodstvo dlya vrachey [Stroke: A guide for doctors] / Pod red. L. V. Stakhovskoy, S. V. Kotova. - M.: OOO «Meditsinskoye informatsionnoye agentstvo. - 2013. - p. 400. [in Russian]
10. Preventing stroke: saving lives around the world. / Strong K. [et al.] // Lancet Neurol. - 2007. - T. 6, №2. - P. 182-187.

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.62.051>

Шаповалова Е.Ю.<sup>1</sup>, Бойко Т. А.<sup>2</sup>, Барановский Ю.Г.<sup>3</sup>, Харченко С.В.<sup>4</sup>, Юнси Г.А.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-2544-7696, Доктор медицинских наук, профессор,

<sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-9627-4051, Кандидат медицинских наук, доцент,

<sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-7044-1122, Кандидат медицинских наук, доцент,

<sup>4</sup>ORCID: 0000-0002-9434-3789, Кандидат медицинских наук, доцент,

<sup>5</sup>ORCID: 0000-0003-2965-4975, Кандидат медицинских наук, доцент,

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь  
**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАЖИВЛЕНИЯ ИШЕМИЗИРОВАННОЙ  
 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАНЫ НА 12 СУТКИ ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ АУТО- И  
 ГЕТЕРОФИБРОБЛАСТОВ И ДЕРМАЛЬНОГО ЭКВИВАЛЕНТА**

**Аннотация**

Исследование выполнено на 28 белых половозрелых мышах линии C57/B1 в возрасте до 1 года. Вокруг и в дно хирургической модельной кожной раны в лопаточной области вводили 0,4 мл взвеси фибробластов и дермальный эквивалент в ростовой среде DMEM F12 (Lonza) в количестве 1,33 млн клеток. Рубец заливали в парафин, окрашивали гематоксилином и эозином. На 12-й день эпидермис имеет большую толщину после введения аутофибробластов, но дифференцированное после трансплантации дермального эквивалента с гетерофибробластами. Ангиогенез и коллагеногенез активнее стимулируется аутофибробластами. Регенераторный гистогенез сравнительно одинаково протекает на фоне присутствия аутофибробластов и дермального эквивалента с гетерофибробластами.

**Ключевые слова:** регенераторный гистогенез, дермальный эквивалент, фибробласт, рубцы, ангиогенез.

Shapovalova E.Yu.<sup>1</sup>, Boyko T.A.<sup>2</sup>, Baranovsky Yu.G.<sup>3</sup>, Kharchenko S.V.<sup>4</sup>, Yunsi G.A.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ORCID: 0000-0003-2544-7696, MD, Professor, <sup>2</sup>ORCID: 0000-0002-9627-4051, MD, Associate Professor,

<sup>3</sup>ORCID: 0000-0002-7044-1122, MD, Associate Professor, <sup>4</sup>ORCID: 0000-0002-9434-3789, MD, Associate Professor,

<sup>5</sup>ORCID: 0000-0003-2965-4975, MD, Associate Professor,

FGAOU VO "Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky", Simferopol

**MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ISCHEMIZING EXPERIMENTAL WOUND HEALING ON THE  
 12<sup>TH</sup> DAY AFTER AUTO- AND HETEROFIBROBLASTS AND DERMAL EQUIVALENT USE**

**Abstract**

The study was performed on 28 1-year-old white mature mice of the C57/B1 line. 0.4 ml of fibroblast suspension and dermal equivalent in the growth medium DMEM F12 (Lonza) in an amount of 1.33 million cells were injected into and around the bottom of the surgical model skin wound in the scapular region. The scar was poured into paraffin, stained with hematoxylin and eosin. On the 12<sup>th</sup> day the epidermis is thicker after administration of auto-fibroblasts but more differentiated after transplantation with dermal equivalent with heterofibroblasts. Angiogenesis and collagenogenesis are more actively stimulated by auto-fibroblasts. Regenerative histogenesis comparatively identical proceeds against the background of the presence of autofibroblasts and a dermal equivalent with heterofibroblasts.

**Keywords:** regenerative histogenesis, dermal equivalent, fibroblast, scars, angiogenesis.

Лечение длительно незаживающих дефектов кожного покрова остается нерешенной как медицинской, так и социально-экономической проблемой. К длительно незаживающим ранам относятся трофические язвы любой этиологии, пролежни, раны, развивающиеся на месте травмы или оперативного вмешательства, в результате

отморожения, термического, химического поражения кожного покрова [1, С. 27]. Все эти процессы объединяются по клиническому течению и событиям, происходящим на клеточном и субклеточном уровнях [2, С. 8]. Большой процент рецидивов длительно незаживающих ран (например, трофических язв) свидетельствует об отсутствии эффективных подходов в лечении этого заболевания [3, С. 7]. Исследование в области клеточных технологий является одним из самых перспективных направлений в лечении такой патологии [4, С. 17], [5, С. 99], [6, С. 34].

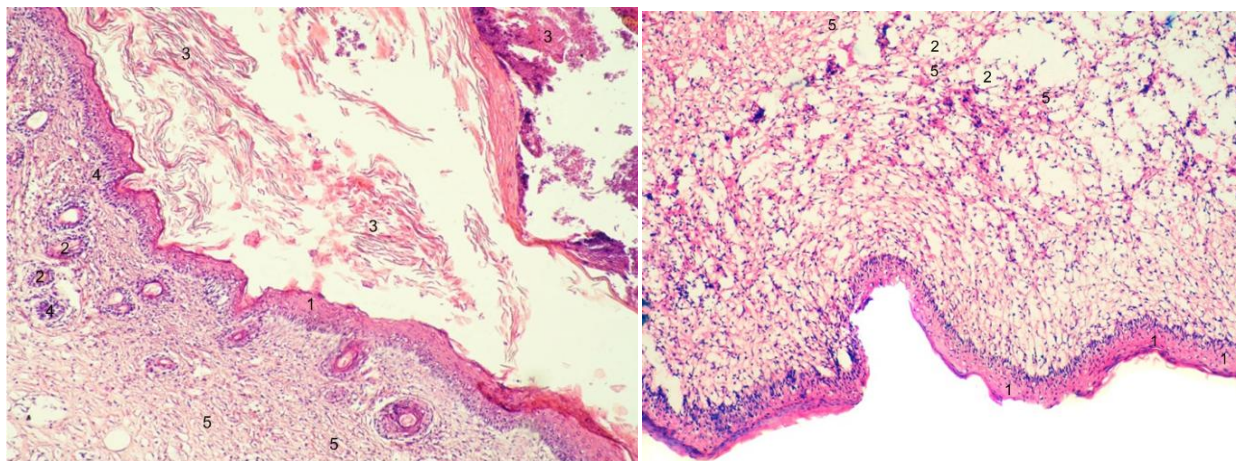
Однако только экспериментальный подход с использованием лабораторных животных позволяет адекватно оценить клеточные взаимодействия, которые разворачиваются в разные сроки регенераторного гистогенеза после трансплантации ауто- и гетерофибробластов, а также тканевых конструкций на базе этих клеток. Сведения о тканевых перестройках после такой трансплантации в доступной литературе немногочисленны и кратки [7, С. 219], [8, С. 103], [9, С. 395].

**Цель исследования.** Изучить морфологическое строение, коллагенообразование и ангиогенез в биоптатах новообразованного эпидермиса и дермы на 12-е сутки их восстановления в модельной ишемизированной ране после введения ауто- и гетерофибробластов, а также после трансплантации дермального эквивалента с гетерофибробластами.

**Материал и методы** Исследование выполнено на 28 белых половозрелых мышах линии C57/B1 в возрасте до 1 года, которые содержались в виварии Медицинской академии имени С.И. Георгиевского. Животные были разделены на контрольную группу в составе 7 особей и три экспериментальные группы по 7 особей в каждой. Эксперименты проводили со следованием всем принципам гуманности, содержащихся в директиве Европейского Сообщества (86/609/ЕС), и в соответствии с «Правилами выполнения работ с привлечением экспериментальных животных». Во всех группах операцию по моделированию кожной раны в лопаточной области производили после внутрибрюшинного введения 2,5% раствора авертина 0,3-0,4 мл. Кожу однотипно иссекали в виде круга диаметром 12 мм, к краям раны кожно-фасциальными узловыми швами фиксировалось силиконовое кольцо с наружным диаметром 12 мм атравматичным шовным материалом «Полипропилен» 5-0 для исключения возможности эпителизации раны и закрытия её мобильной кожей области спины. Ишемизацию раны проводили путем наложения кисетного шва нитью «Полипропилен» 5-0 на расстоянии 1,0 см латеральнее наружного диаметра раны, что нарушает циркуляцию крови в системе около лопаточных артерий мышцы. Артериальный анастомоз вокруг лопаток образован ветвью подмышечной артерии а. Circularis scapula и ветвью поперечной артерии шеи Ramus descendense, отходящей от подключичного Truncus thiorocervicales. Из иссеченной кожи мышей выделяли фибробласты в условиях стерильного бокса с ламинарным потоком воздуха. Кусочки кожи после ферментативного удаления эпидермиса помещали в среду DMEM F12 (Lonza) и измельчали сосудистыми ножницами до размера 1-2 мм. Затем к кусочкам ткани добавляли равные объемы растворов коллагеназы I типа (200 ед/мл, Sigma) и диспазы (30 ед/мл) (Gibco). Полученную смесь инкубировали в течение 1 часа при 37<sup>0</sup> С и постоянном перемешивании. После фильтрации суспензии через фильтр диаметром 0,40мкм и центрифугирования в течение 7 мин. при 1000 об/мин, фибробласты ресуспендировали и культивировали в среде DMEM F12 (Lonza) с добавлением 10% телячьей сыворотки (HyClone) и 50 ед./мл пенициллина - стрептомицина (ПанЭко) в чашках Петри в инкубаторе при 37<sup>0</sup> и концентрации CO<sub>2</sub> – 5% до достижения 100% конfluence. Для посева клеток использовали 0,25% трипсин-0,02% ЭДТА.

В первой и второй экспериментальных группах интраоперационно в дно раны и вокруг нее вводили 0,4 мл взвеси фибробластов 1-го или 2-го пассажа в ростовой среде DMEM F12 (Lonza) в количестве 1,33 млн клеток. В первой экспериментальной группе вводили гетерофибробласты, во второй – аутофибробласты. В третьей экспериментальной группе в рану трансплантировали дермальный эквивалент с гетерофибробластами, приготовленный на основе коллагена первого типа из крысиных хвостов. Стерильный 0,34М раствор NaOH объединяли с концентрированной (x10) питательной средой 199 в соотношении 1:1. Полученную смесь соединяли с охлажденным раствором коллагена, после чего добавляли суспензию фибробластов в питательной среде DMEM F12, содержащей 10% эмбриональной сыворотки (HyClone). Полученную смесь инкубировали при 37<sup>0</sup> С в инкубаторе до полной полимеризации геля [7, С. 211].

На 12-й день после операции у мышей всех групп интраоперационно иссекали образовавшийся рубец и фиксировали 10% забуференным формалином для морфологического исследования. Материал заливали в парафин и окрашивали гематоксилином и эозином, а также по Вейгерту-Ван-Гизону для визуализации эластических и коллагеновых волокон. Морфологическое исследование гистологических препаратов проводили с помощью светооптического микроскопа OLIMPUS CX-31 с цифровой камерой OLIMPUS 35050Z. Толщину эпидермиса, количество микрососудов в срезах, площадь коллагеновых волокон и микрососудов в дерме рубцов измеряли с помощью программы "ImageJ" при увеличении объектива 40 и окуляра 10 по 50 замеров в каждой группе. Полученные цифровые данные (выраженные в пикселях) были переведены в мкм при помощи деления пикселей на коэффициенты, специально для этого выведенные: объективы x10 – 6379251, x40 – 98911797. Статистическую обработку цифровых данных проводили с использованием лицензионного программного обеспечения Microsoft Office Excell и Statistica 10.0. Сравнения средней толщины эпидермиса, площади, занимаемой коллагеновыми волокнами и сосудами грануляционной ткани, в рубцах экспериментальных групп проводили в процентах по отношению к контрольной группе.



А

Б

Рис. 1 – Рубцы кожи мыши. А – контрольная группа; Б – экспериментальная группа №1. 1 – эпидермис; 2 – кровеносный сосуд; 3 – струп; 4 – лейкоцитарная инфильтрация; 5 – коллагеновые волокна. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение: ок. 10 об. 10.

**Результаты исследования и их обсуждение.** У мышей контрольной группы самопроизвольное отпадение силиконового кольца было зафиксировано в среднем на  $12,4 \pm 0,10$  сутки после операции по созданию модельной раны. Под толстыми остатками струпа обнаруживалась полная эпителизация раны. На срезах рубца эпидермис представлен не полностью сформированным многослойным эпителием толщиной  $51,73 \pm 0,12$  мкм (таблица 1). Имеется базальный слой и несколько рядов шиповатых клеток. Роговой слой очень тонкий и находится на начальных стадиях дифференцировки клеток (рис. 1А). Над эпидермисом видны остатки струпа, в котором клеточные элементы уже отсутствуют. Дерма рубца не образует

сосочков вдающихся в эпидермис и граница между эпидермисом и дермой рыхлая и ровная. Под базальной мембраной заметен тонкий вал лейкоцитарной инфильтрации. Весь кожный дефект заполнен развивающейся грануляционной тканью, в которой встречаются клетки тканевого и гематогенного происхождения. Сосочковый и сетчатый слои дермы не разграничиваются и образованы равномерно локализованными коллагеновыми волокнами, между которыми присутствуют клетки, представленные, преимущественно, функционально активными фибробластами. Коллагеновые волокна занимают  $29,70 \pm 0,16\%$  от площади дермы. Эластические волокна отсутствуют. Немногочисленные кровеносные капилляры и венулы расширены и их площадь составляет  $0,69 \pm 0,02$  мкм. Вокруг них просматривается слабая лейкоцитарная инфильтрация.

Таблица 1 – Количественные характеристики рубцов кожи мышей контрольной и экспериментальных групп

Рубцы кожи	Толщина эпидермиса в мкм	Площадь дермы на срезах в мкм	Площадь сосудов в дерме в %	Площадь коллагеновых волокон в дерме в %
Рубцы кожи в контрольной группе	$51,73 \pm 0,12$	$46259,83 \pm 1,20$	$0,69 \pm 0,02$	$29,70 \pm 0,16$
Рубцы кожи в первой экспериментальной группе	$61,48 \pm 0,14$	$44692,70 \pm 1,05$	$0,82 \pm 0,02$	$33,43 \pm 0,15$
Рубцы кожи во второй экспериментальной группе	$106,49 \pm 0,17$	$34128,13 \pm 1,13$	$1,73 \pm 0,01$	$40,76 \pm 0,24$
Рубцы кожи в третьей экспериментальной группе	$91,67 \pm 0,14$	$47439,58 \pm 1,17$	$1,03 \pm 0,01$	$38,81 \pm 0,12$

У мышей первой экспериментальной группы эпителизация раны и отпадение силиконового кольца зафиксировано на один день раньше, чем в контроле, а именно на  $11,4 \pm 0,06$  сутки после операции и введения взвеси гетерофибробластов на ростовой среде ДМЕМ F12. Струп полностью отделился от раневого дефекта. При этом толщина эпидермиса была на  $15,86\%$  больше, чем в группе контроля, и составляла  $61,48 \pm 0,14$  мкм. В тоже время эпидермис не полностью сформирован и состоит из малодифференцированных трех слоев: базального, шиповатого и рогового. Роговой слой просматривается участками (рис. 2Б). Базальная мембрана ровная, лейкоцитарная инфильтрация отсутствует. Грануляционная ткань под эпидермисом представлена тонкими пучками неориентированных коллагеновых волокон, кровеносными сосудами и клеточными элементами. Коллагеновые волокна занимают, в среднем,  $33,43 \pm 0,15\%$  от площади дермы, что на  $11,16\%$  больше, чем в контрольной группе. Эластические волокна отсутствуют во всех участках дермы. Площадь кровеносных капилляров больше на  $15,86\%$  по сравнению с группой контроля.



У мышей второй экспериментальной группы на фоне введения взвеси аутофибробластов в ростовой среде ДМЕМ F12 эпителизация раны и отпадение силиконового кольца зафиксировано еще раньше, чем в контроле и первой экспериментальной группе – на  $11,00 \pm 0,01$  день после операции. Течение регенераторного гистогенеза произошло более благоприятно. С поверхности эпидермиса струп полностью отделился. Толщина эпидермиса была на 51,42% больше, чем в контрольной группе. Значительно более дифференцированными были слои эпидермиса. На поверхности заметен выраженный роговой слой (рис. 2А). Наметилось появление сосочкового слоя дермы в виде волнистой границы между базальной мембраной эпидермиса и подлежащей грануляционной тканью. Грануляционная ткань характеризуется во второй группе

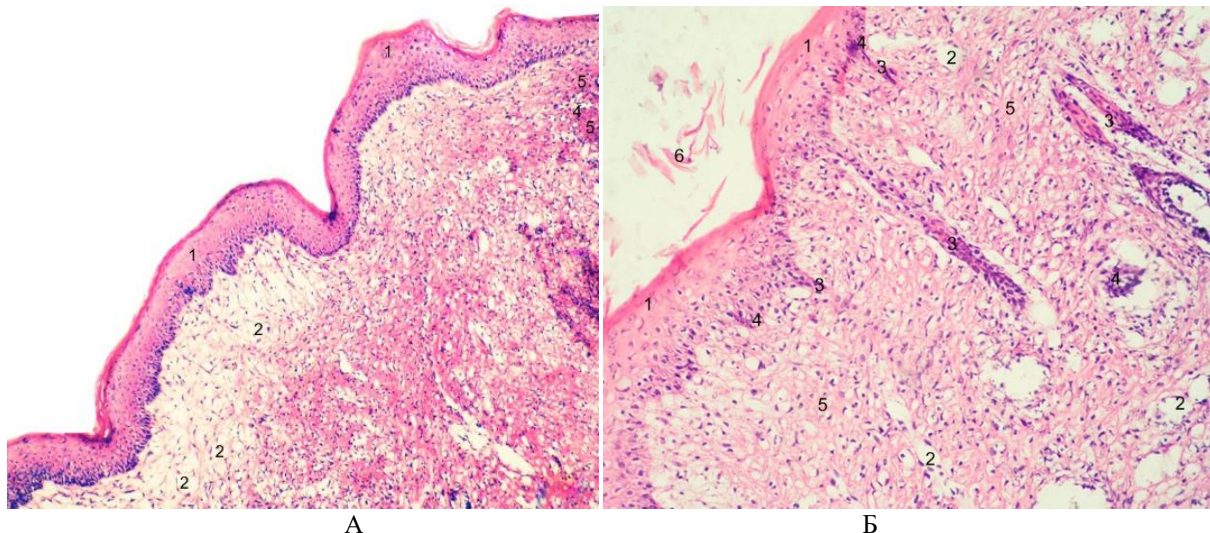


Рис. 2 – Рубцы кожи мыши. А – экспериментальная группа №2; Б – экспериментальная группа №3. 1 – эпидермис; 2 – кровеносный сосуд; 3 – волосяной фолликул; 4 – фибробласты; 5 – коллагеновые волокна; 6 – струп. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение рис.2А ок. 10 об. 10. Увеличение рис.2Б ок. 10 об. 20.

усилением процессов ангиогенеза и коллагенообразования. Площадь, занятая коллагеновыми волокнами, увеличилась на 27,13% и составила  $40,76 \pm 0,24$  мкм, а сосудов – на 39,88% и составила  $1,73 \pm 0,01$  мкм (см. табл. 1). Лейкоцитарная инфильтрация отсутствовала. Клеточные элементы фибробластического ряда были представлены крупными и вытянутыми отростчатыми клетками, что свидетельствовало об их функциональной активности. Эластические волокна отсутствовали во всех участках дермы.

У мышей третьей экспериментальной группы на  $12,20 \pm 0,11$  день после трансплантации дермального эквивалента с гетерофибробластами рана была покрыта тонким слоем бесструктурного струпа. Отпадение силиконового кольца фиксировалось на  $12,20 \pm 0,11$  день после операции. Однако эпидермис выглядел более дифференцированным, чем в предыдущих группах. Присутствовали и были развиты все слои эпидермиса, кроме блестящего и зернистого. Толщина эпидермиса составляла  $91,67 \pm 0,14$  мкм, что на 43,57% больше, чем в группе контроля. Эпидермис образовывал выросты в подлежащую грануляционную ткань, являющимися закладкой волос и сосочкового слоя дермы (рис. 2Б). Площадь, занятая коллагеновыми волокнами, увеличилась на 23,47% по сравнению с группой контроля и составила  $38,81 \pm 0,12$  мкм, а сосудов – на 33,00% и составила  $1,03 \pm 0,01$  мкм (см. табл. 1). Тонкие неориентированные пучки коллагеновых волокон заполняли всю дерму рубца.

**Выводы.** 1. На 12-й день регенераторного гистогенеза эпидермис достигает наибольшей толщины после введения аутофибробластов, а наибольшей выраженности дифференцировки после трансплантации в рану дермального эквивалента с гетерофибробластами.

2. Ангиогенез наиболее выражен в грануляционной ткани будущей дермы после введения аутофибробластов.

3. Продукция коллагеновых волокон клетками фибробластического ряда грануляционной ткани наиболее активна на фоне трансплантации в рану аутофибробластов и дермального эквивалента с гетерофибробластами.

4. Благоприятное воздействие дермального эквивалента с гетерофибробластами отличается от воздействия взвеси аутофибробластов всего на несколько процентов: площадь коллагеновых волокон – на 2%, площадь кровеносных сосудов – на 5%, что делает такие различия недостоверными.

#### Список литературы / References

1. Гавриленко А.В. Опыт использования клеточных технологий в комплексном лечении венозных трофических язв / А.В. Гавриленко, О.В. Павлова, А.А. Иванов и др. // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2011. - № 1, Т. 27. – С. 27-31.
2. Федоров Д.Н. Морфологическая и иммуногистохимическая характеристика репаративных процессов в длительно незаживающих ранах / Д.Н. Федоров, А.Н. Ивашкин, А.В. Васильев и др. // Арх патол. – 2002. - № 1. – С. 8-11.
3. Хрупкин В.И. Дерматопластика раневых дефектов / В.И. Хрупкин, В.Ф. Зубрицкий, А.Н. Ивашкин и др. – М: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 102 с.
4. Малахов С.Ф. Новые подходы к лечению тяжелых ожогов: трансплантация выращенных в культуре кератиноцитов / С.Ф. Малахов, Б.А. Парамонов, А.В. Емельянов и др. // Военно- мед журн. – 1997. - № 9, Т. СССРXVIII. – С. 16-19.

5. Сергиенко Н.Ф. Лечение мочевых свищей с применением культуры аллогенных фибробластов / Н.Ф. Сергиенко, А.С. Девятков, Л.В. Шаплыгин и др. // Урология. – 1999. - № 1. – С. 99.
6. Kolokol'tseva T.D. Prospects of use human fetal fibroblasts in the treatment of various etiology wounds / T.D. Kolokol'tseva, N.D. Iurcnenko, N.G. Kolosov and others. // Vestn Ross Akad Med Nauk. – 1998. – N3. – P. 32-35.
7. Юдинцева Н.М. Дermalный эквивалент на основе фибрина и восстановление соединительной ткани в результате его трансплантации на раны экспериментальных животных / Н.М. Юдинцева, И.А. Самусенко, М.И. Блинова и др. // Аутологичные стволовые клетки: экспериментальные исследования и перспективы клинического применения / Под редакцией В.А. Ткачука. – М.: Литтерра, 2009. – С. 209-221.
8. Шаповалова Е.Ю. Сравнительная характеристика волокнистого состава рубца после введения ауто- и гетерофибробластов в рану у мышей / Е.Ю. Шаповалова, М.Н. Морозова, Ю.Г. Барановский и др. // Здоровье и образование в XXI веке. – 2017. – Т. 19, №3. – С. 100-104.
9. Винник Ю.С. Клеточные технологии и тканевая инженерия в лечении длительно не заживающих ран / Ю.С. Винник, А.Б. Салмина, А.И. Дробушевская и др. // Вестник экспериментальной и клинической хирургии. – 2011. - № 2, Т. IV. – С. 392-397.

#### Список литературы на английском языке / References in English

1. Gavrilenko A.V. Opyt ispol'zovaniya kletochnyh tehnologij v kompleksnom lechenii venoznyh troficheskikh jazv [Experience in the use of cellular technologies in the complex treatment of venous trophic ulcers] / A.V. Gavrilenko, O.V. Pavlova, A.A. Ivanov and others // Hirurgija. Zhurnal im. N.I. Pirogova [Surgery. N.I. Pirogov journal]. – 2011. - № 1, Т. 27. – P. 27-31. [in Russian]
2. Fedorov D.N. Morfologicheskaja i immunogistohimicheskaja harakteristika reparativnyh processov v dlitel'no nezazhivajushhih ranah [Morphological and immunohistochemical characteristics of reparative processes in long-term non-healing wounds] / D.N. Fedorov, A.N. Ivashkin, A.V. Vasil'ev and others // Arh patol [Arh. pathol]. – 2002. - № 1. – P. 8-11. [in Russian]
3. Hrupkin V.I. Dermatoplastika ranevyh defektov [Dermatoplastic of wound defects] / V.I. Hrupkin, V.F. Zubrickij, A.N. Ivashkin and others. – M: GJeOTAR-Media, 2009. – 102 p. [in Russian]
4. Malahov S.F. Novye podhody k lecheniju tjazhelyh ozhogov: transplantacija vyrashhennyh v kul'ture keratinocitov [New approaches to the treatment of severe burns: transplantation of keratinocytes grown in culture] / S.F. Malahov, B.A. Paramonov, A.V. Emel'janov and others // Voennno- med zhurn [Military Medical Journal]. – 1997. - № 9, Т. CCCXVIII. – P. 16-19. [in Russian]
5. Sergienko N.F. Lechenie mochevyh svishhej s primeneniem kul'tury allogennyh fibroblastov [Treatment of urinary fistulas with the use of allogeneic fibroblasts culture] / N.F. Sergienko, A.S. Devjatov, L.V. Shaplygin and others // Urologija [Urology]. – 1999. - № 1. – P. 99. [in Russian]
6. Kolokol'tseva T.D. Prospects of use human fetal fibroblasts in the treatment of various etiology wounds / T.D. Kolokol'tseva, N.D. Iurcnenko, N.G. Kolosov and others. // Vestn Ross Akad Med Nauk. – 1998. – N3. – P. 32-35.
7. Judinceva N.M. Dermal'nyj jekvivalent na osnove fibrina i vosstanovlenie soedinitel'noj tkani v rezul'tate ego transplantacii na rany jeksperimental'nyh zhivotnyh [Dermal equivalent on the basis of fibrin and restoration of connective tissue as a result of its transplantation to the wounds of experimental animals] / N.M. Judinceva, I.A. Samusenko, M.I. Blinova and others. // Autologichnye stvolovye kletki: jeksperimental'nye issledovanija i perspektivy klinicheskogo primenenija [Autologous stem cells: experimental studies and clinical application perspectives] / Edited by V.A. Tkachuka. – M.: Litterra, 2009. – P. 209-221. [in Russian]
8. Shapovalova E.Ju. Sravnitel'naja harakteristika voloknistogo sostava rubca posle vvedenija auto- i geterofibroblastov v ranu u myshej [Comparative characteristics of the fibrous composition of the hem after the introduction of auto- and heterofibroblasts into the wound in mice] / E.Ju. Shapovalova, M.N. Morozova, Ju.G. Baranovskij and others // Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke [Health and education in the XXI century]. – 2017. – Т. 19, №3. – P. 100-104. [in Russian]
9. Vinnik Ju.S. Kletochnye tehnologii i tkanevaja inzhenerija v lechenii dlitel'no ne zazhivajushhih ran [Cellular technologies and tissue engineering in the treatment of long-term healing wounds] / Ju.S. Vinnik, A.B. Salmina, A.I. Drobusevskaja and others // Vestnik jeksperimental'noj i klinicheskoy hirurgii [Bulletin of Experimental and Clinical Surgery]. – 2011. - № 2, Т. IV. – P. 392-397. [in Russian]