



#1 (17), 2017 część 1

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe**  
(Warszawa, Polska)

**Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce.** W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

**Zespół redakcyjny**

**Redaktor naczelny - Adam Barczuk**

**Mikołaj Wiśniewski**

**Szymon Andrzejewski**

**Dominik Makowski**

**Paweł Lewandowski**

**Rada naukowa**

**Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)**

**Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

**Peter Cohan (Princeton University)**

**Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)**

**Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)**

**Kolub Frennen (University of Tübingen)**

**Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

**Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)**

**Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)**

#1 (17), 2017 part 1

**East European Scientific Journal**  
(Warsaw, Poland)

**The journal is registered and published in Poland.** The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

**Editorial**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

**Mikołaj Wiśniewski**

**Szymon Andrzejewski**

**Dominik Makowski**

**Paweł Lewandowski**

**The scientific council**

**Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)**

**Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

**Peter Cohan (Princeton University)**

**Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)**

**Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)**

**Kolub Frennen (University of Tübingen)**

**Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

**Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)**

**Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)**

**Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**  
**Peter Clarkwood(University College London)**  
**Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)**  
**Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)**  
**Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)**  
**Kehan Schreiner(Hebrew University)**  
**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**  
**Anthony Maverick(Bar-Ilan University)**  
**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)**  
**Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)**  
**Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)**  
**Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**  
**Redaktor naczelny - Adam Barczuk**

**1000 kopii.**

**Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska»**

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe**

**Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska**

**E-mail: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com) ,**

**<http://eesa-journal.com/>**

**Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**  
**Peter Clarkwood(University College London)**  
**Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)**  
**Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)**  
**Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)**  
**Kehan Schreiner(Hebrew University)**  
**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**  
**Anthony Maverick(Bar-Ilan University)**  
**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)**  
**Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)**  
**Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)**  
**Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**  
**Editor in chief - Adam Barczuk**

**1000 copies.**

**Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland»**

**East European Scientific Journal**

**Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland**

**E-mail: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com) ,**

**<http://eesa-journal.com/>**

# СОДЕРЖАНИЕ

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Имомов О.Н.</b> БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ ЧУСТ – ПАПСКИХ АДЫРОВ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ .....	5
<b>Хуррамова Алишера Шукуровича, Рахматова Масума Умаровна</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОНЕМАТОД ПШЕНИЦЫ И ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ ЮГА УЗБЕКИСТАНА .....	7
<b>Orlovsky O.A., Samoilenko O.A., Shlyakhovenko V.O.</b> С-MYC-TFBS-COMPLEMENTARY AND NF-κB-p50-TFBS-COMPLEMENTARY MOTIFS IN MATURE miRNA OF HUMAN AND LABORATORY RODENTS .....	9
<b>Paulouski M.B.</b> PHENOLOGICAL DEVELOPMENT OF HIGHBUSH BLUEBERRY VARIOUS CULTIVARS IN BELARUS .....	12

## ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

<b>Petrenko O.</b> KUNST UND KULTUR DIE SAKRALSMBOLIK IN LITURGISCHEN LIEDERN DER UKRAINISCHEN TRADITION DER 17.-18. JH. ....	23
<b>Шурдак М.І.</b> СОНОРНА ТЕХНІКА КОМПОЗИЦІЇ В КАМЕРНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНІЙ ТВОРЧОСТІ Д. ЛІГЕТИ (на прикладі циклу «Десять п'ес для духового квінтету») .....	27

## ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Sukhoverska I.</b> COLLABORATION PROBLEM DURING SECOND WORLD WAR IN THE DISCOURSE OF CONTEMPORARY RUSSIAN HISTORIOGRAPHY AND PUBLIC POLICY OF MEMORY .....	31
<b>Бездітько Б.</b> ДО ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТІВ ВІДНОСИН У СФЕРІ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ЦЕРКВИ ВІД ДЕРЖАВИ І ШКОЛИ ВІД ЦЕРКВИ ТА ЗАГАЛЬНИХ ПРАВИЛ ПОВОДЖЕННЯ З НИМИ .....	35

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

<b>Денисенко М.М.</b> ФОРМУВАННЯ, ПЕРЕБІГ ТА КЛІНІЧНІ ПРОЯВИ ТРИВОЖНО-ФОБІЧНИХ РОЗЛАДІВ, ЩО КОМОРБІДНІ З АДІКЦІЯМИ .....	40
<b>Князев О.В., Хомерики С.Г., Трубицына И.Е., Коноплянников А.Г., Каграманова А.В., Ручкина И.Н., Фадеева Н.А., Болдырева О.Н., Лищинская А.А., Бабаян А.Ф.</b> РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ СВОЙСТВА МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК КОСТНОГО МОЗГА НА МОДЕЛИ ЯЗВЕННОГО КОЛИТА .....	47
<b>Воловар О.С., Маланчук В.О., Крижанівська О.О.</b> ВИКОРИСТАННЯ ПРЕПАРАТІВ ГІАЛУРОНОВОЇ КИСЛОТИ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ОСТЕОАРТРОЗА СКРОНЕВО-НИЖНЬОЩЕЛЕПНОГО СУГЛОБА .....	54
<b>Муратова Ж.К.</b> АНАТОМИЯ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И ЗАВТРА .....	59
<b>Панчук О.Ю.</b> МЕТОДИЧНІ ПРИНЦИПИ АНАЛІЗУ ТАБЛИЦЬ СПРЯЖЕНОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМ ПРОФІЛАКТИЧНОГО, КОРЕКЦІЙНОГО ТА РЕАБІЛІТАЦІЙНОГО ЗМІСТУ У ГАЛУЗІ УНІВЕРСИТЕТСЬКОЇ ГІГІЄНИ .....	62
<b>Taschuk V.K., Mohammed vasek Obeid Al Salama, Dinova O.P., Lisovenko AA</b> IMPACT OF CHANGES IN URIC ACID LEVEL THE FUNCTIONAL STATE OF THE MYOCARDIUM AND BIOMARKERS AND HEMOSTASIS PARAMETERS IN PATIENTS OF STABLE ANGINA .....	70

<b>Tashchuk V.K., Polyanska O.S., Ivanchuk P.R., Tashchuk I.A., Savchuk O.V., Tashchuk M.V., Gingulyak O.M.</b> ASSESSMENT OF HEART RATE VARIABILITY AND QT DISPERSION BY PROPRIETARY SOFTWARE .....	75
--	----

<b>Khrebtiy G.I., Savchuk O.V., Kostenko A.M.</b> EFFECTIVENESS OF ANTIHYPERTENSIVE AND HYPOLIPIDEMIC THERAPY, COMBINED WITH OMEGA-3-POLYUNSATURATED FATTY ACIDS IN PATIENTS WITH HYPERTENSION AND ABDOMINAL OBESITY .....	78
---	----

<b>Яковцова И.И., Стецишин Р.В., Данилец С.В.</b> МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТЕНКИ МОЧЕТОЧНИКА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ УРЕТЕРОЛИТИАЗА .....	81
---	----

<b>Sukhee Z., Khishigjargal S., Molor-Erdene P., Sarantsetseg B., Uuganbayar B., Dashinamhzilov Zb.B., Tsydendambaev P.B.</b> THE EFFECT OF TRADITIONAL RECIPE «LIDER-5» ON ANTIOXIDANT ACTIVITY ON THE EXPERIMENTAL ARTHRITIS INDUCED IN ANIMALS .....	88
---	----

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<b>Yusupov D.T., Umirova N.R., Pulatova D.M.</b> PURIFICATION OF TRANSFORMER OIL FROM WATER .....	92
--	----

<b>Трубачев С.И., Баранюк О.В., Мельник В.С.</b> СТРУКТУРА ПОТОКУ ПРИ ТЕЧІЇ В СЕРЕДЕНІ ГВИНТОПОДІБНОЇ ТРУБИ.....	96
---	----

<b>Гайдайчук В.В., Котенко К.Е., Ткаченко І.А.</b> МАТЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВЕЛИКОРОЗМІРНОЇ БУДІВЕЛЬНОЇ СПОРУДИ .....	105
--	-----

<b>Rzayev P.F., Firuza A.S., Ismail E.V.</b> ALGORITHMS FOR CALCULATION OF SC OF THE SWH .....	114
---	-----

<b>Мозговий А.О., Балабай Е.А.</b> КОМПЛЕКСНА ЙМОВІРНІСНА ОЦІНКА РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙ НА.....	117
--	-----

### **ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<b>Зальгина Е.В., Кошечая И.П., Подплетняя Е.А.</b> ПРОТИВОМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ГУСТОГО ВОДНО-СПИРТОВОГО ЭКСТРАКТА НЕЗРЕЛЫХ ПЛОДОВ ОРЕХА ГРЕЦКОГО. ....	127
---	-----

### **ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

<b>Авоян А.Н.</b> DERIVATION OF BRAGG - WOLF FORMULA ACCORDING TO THE CORPUSCULAR THEORY OF LIGHT .....	135
---	-----

## **БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Imomov Otabek Normirzoyevich**

Senior lecturer at the department of Physiology and life activity's safety,  
Namangan State University  
Namangan, Uzbekistan

**Имомов Отабек Нормирзоевич**

Наманганский государственный университет,  
старший преподаватель кафедры «Физиология и безопасность жизнедеятельности»  
г. Наманган. Республика Узбекистан

### **BIOECOLOGICAL FEATURES FODDER PLANTS IN CONDITIONS CHUST – PAP MOORS IN FERGHANA VALLEY**

### **БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ ЧУСТ – ПАПСКИХ АДЫРОВ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ**

**Summary:** In article materials on bioecological characteristics of forage plants in the Chust - Pap semi desert conditions are given. On the basis of scientific researches it is shown that, the perspectives of application of forage plants for superficial improvement of the degraded, underproductive grassland that we promote optimization and increase of productivity of natural ecosystems.

Keywords: isen; eurotia; keyreuk; semidesert; ontogenesis.

Аннотация: В статье приводятся материалы по биоэкологическим особенностям кормовых растений в условиях Чуст – Папских адыров. На основании научных исследований показана перспективность применения кормовых растений для поверхностного улучшения деградированных, малопродуктивных пастбищ, что способствует оптимизации и повышению урожайности естественных экосистем.

Ключевые слова: изень; терескен; кейреук; адыр; онтогенез.

**Постановка проблемы.** Ферганская долина расположена на восточной части Узбекистана. В неё входят 3 области (Ферганский, Андижанский и Наманганский). Ферганская долина представляет собой крупнейшую в Средней Азии межгорную впадину. На севере и северо-западе ее обрамляют Кураминский и Чаткальский, на юге Алайский и Туркестанский хребты, на северо-востоке Ферганский хребет. Переходная часть территории от впадины к горам занята адырными грядами. На северо-западе долины обособляются Чуст-Папские адыры. Они очень засушливы, в год выпадает 150 – 200 мм осадков, почвы преимущественно каменисто щебнистые.

Здесь летом скот содержится в основном на горных пастбищах, а осень, зиму и весну – на предгорных полупустынных пастбищах адырной зоны. Одной из важнейших проблем современности является рациональное использование природных растительных ресурсов и создание долголетних пастбищ на деградированных землях аридной зоны.

Для пастбищных территорий Чуст-Папских адыров характерна низкая кормовая производительность: на летних пастбищах она не превышает 5 – 6 ц/га, на осеннее – зимне – весенних 2,5 – 3 ц/га.

Для обеспечения кормами растущего поголовья скота необходимо улучшение поверхности адырных земель путем создания искусственных пастбищных и сенокосных угодий из ценных засухоустойчивых кормовых растений. Решение этой сложной и многоплановой проблемы немыслимо без всестороннего и комплексного изучения растительности в его неразрывной связи с условиями среды [2].

Р.С. Верник и Т.Т. Рахимова изучали естественную растительность и пастбища адыров

Наманганской области [1]. Флора Чуст – Папских адыров, по нашим данным, представлена 240 видами цветковых растений, относящихся к 169 родам и 39 семействам. Господствующей в растительном покрове является формация полыни согдийской, относящейся к типу ксерофильной полукустарничковой растительности (ценотип *Xerohemithamnisca*), занимает основную часть территории обследованного района.

Водный режим некоторых кормовых растений и однолетних солянок изучали С. Илияхунова и Т.У. Рахимова [4], [5]. Однако биоэкологические особенности кормовых растений подробно не изучена.

**Целью** нашей работы является сравнительное изучение биоэкологические особенностей некоторых ценных кормовых растений в условиях Чустских адыров.

**Объектами исследования были:** *Kochia prostrata* (L) Schrad, subsp. grisea Prat. Subsp. nov. – серая форма изеня, *Ceratoides eversmanniana* (Stschegl. ex Losinsk.) Botsch. Et Ikonn. – терескен, *Salsola orientalis* S. G. Gmel. – кейреук.

В работе использованы традиционные методы изучения онтогенеза, морфогенеза, цветения, семенной продуктивности, и оценки успешности интродукции. Интенсивность транспирации определялась по Л.А. Иванову и др. [3], содержание влаги в листьях весовым методом. Они определялась 7 раз в день трехкратной повторности. Исследования проводились в южно-восточной части Чустских адыров (пастбищ ф/х «Жахонгирибод-Варзик»).

**Результаты и их обсуждение.** Изень – многолетний полукустарник высотой 10 – 80 см, в благоприятных условиях до 150 см. Встречается, весьма широко в Средней Азии, Казахстане, на Кавказе,

Европейской части России, Западной, Средней и Южной Европе, Западной и Восточной Сибири, Малой Азии, Иране, Турции, Афганстане, Гималаях, а также Монголии и Китае (Джунгария, Кашгария). Обитает на мелкоземистых, каменисто-щебнистых различных по степени засоления почвах и маломощных песках от равнин до нижнего пояса гор. Является одним из наиболее перспективных растений для введения в культуру в адырной зоне Ферганской долины. В условиях Чуст-Папских адыров более перспективна серая форма. Его хорошо поедают овцы, козы.

Посевы изеня на Чуст-Папском адыре были произведены осенью 2008 -2009 гг. Семена прорастают в первой декаде марта. Корень изеня развивается значительно быстрее, чем надземная часть. При высоте растения 2 см корень достигает 7-8 см. Активный рост надземных органов начинается в конце мая и продолжается до середины июня. В июне при высоте растений 35-40 см начинается бутонизация и раскрываются первые цветки. С июля в связи с повышением температуры воздуха и уменьшением влажности почвы у изеня начинается засыхание листьев. Плоды формируются в конце августа и в начале сентября, а созревание семян происходит в последней декаде октября и в первой декаде ноября. Вегетационный период продолжается 220-230 дней. На Чустских адырах со второго года вегетации в благоприятных почвенно-климатических условиях формирует 10 - 12 ц/га воздушно-сухой кормовой массы.

Изень серый характеризовался стабильным водным режимом: содержание влаги в ассимиляционных побегах было выше: в апреле 78,5; в мае 60,7; в июне 54,7; в июле 46,4; в августе 43,1% в среднем за день. Интенсивность транспирации в течение вегетации от весны к лету постепенно уменьшалась. Максимум отмечен в апреле – 766 мг/г час, в мае и июне она была близкой 585 -542 мг/г час, в июле понизилась до 280 и в августе до 189 мг/г час. Это связано с уменьшением содержания влаги в листьях.

**Терескен** - полукустарник с прямостоящими, сильно ветвистыми стеблями до 1,5 м высотой. Распространен в Северном Кызылкуме, Муонкуме, Бетпакдале, Китае, Западной Монголии, Афганстан, на Приаральских и Прибалхашских песках до Зайсанской котловины (Севера восточной Казахстана). Встречается на каменисто-щебнистых склонах, на супесчаных почвах, на песках, солончаках, по сухим долинам рек, от равнин до верхнего пояса гор. Хорошо поедаются скотом однолетние побеги и листья.

В условиях нашего опытного участка массовые всходы терескена появились в марте. Интенсивный рост надземных органов начинается с конца мая и начала июня, в зависимости от метеорологических условий. С этого периода растения приступают к интенсивному разветвлению. Терескен также как изень, в культуре достигает генеративной фазы развития в первый год вегетации, при высоте растений 45 – 50 см. Первые бутоны появляются в

конце июля или в начале августа, а цветы раскрываются через неделю. Созревание семян происходит в сентябре - октябре в зависимости от погодных условий. В средних по метеорологическим условиям периода, опадение листьев происходит медленнее, к середине лета растения теряет только 50% в августе 65-70% листьев. Таким образом вегетационный период терескена в условиях культуры на Чустских адырах составляет 190-200 дней. Продуктивность кормовой массы у однолетних растений в среднем составляет 5 ц/га, у двухлетних 10 – 17ц/га воздушно сухой кормовой массы и 1,7 ц/га семян.

У терескена содержание влаги в листьях в апреле было 72,1; в мае 64,3; в июне она повысилось до 74,6% (в связи с выпавшими дождями) в июле 46,9; а в августе составляло 43,9%. Терескен среди изученных видов отличался более высокой интенсивностью транспирации. Максимум отмечен в апреле – 1098, в мае и июне она составляла 808 мг/г час. Резкое падение интенсивности транспирации отмечено в июле и августе – 362 – 388 мг/г час.

**Кейреук** - полукустарник, 30 – 70 см высотой, сильно ветвистый. Распространен в полупустынной зоне Средней Азии и Казахстана, на Кавказе, Иране, Китае (Джунгария и Кашгария). Произрастает на щебнистых глинисто – солончаковых почвах, такырах, реже на солончаках, супесчаных участках от равнины до высокогорий.

Кейреук хорошо поедается овцами во все сезоны года. Устойчив к низким температурам. В средних по метеорологическим условиям периода массовые всходы отмечены во первой декаде марта. Первая пара настоящих листьев развертывается через 10-15 дней после появления всходов. В середине мая высота основного побега достигает 30 см. Бутонизация и цветение отмечены в середине июня с этого времени рост замедляется. К началу июля главный побег достигает 25-30 см, а боковые до 15 см, благодаря чему куст принимает характерную раскидисто-шаровидную форму. Плоды созревают в конце октября. Продолжительность вегетационного периода у кейреука в этих условиях составляет 200-210 дней. В отличие от других видов максимальная продуктивность кейреука отмечается в июле (20 ц/га) за счет образования плодов, а минимальная (17 ц/га) – в сентябре, когда началось засыхание листьев.

**Выводы и предложения.** Среди изученных видов кейреук отличался самым стабильным водным режимом. В течение всей вегетации содержание влаги в ассимиляционных побегах было высокой 80 – 51%. Интенсивность транспирации характеризуется более низкими величинами и почти в течение всего вегетационного периода держится на одном уровне: в мае, июне и июле она была в пределах 400 – 444 мг/г час. Только 20 августа отмечено понижение до 274 мг/г час.

Таким образом можно отметить, что наиболее стабильным водным режимом характеризуется кейреук: отмечается экономный расход воды стабильность оводненности и транспирации.

Терескени характерен щедрый расход воды на транспирацию, а изень занимает промежуточное положение.

Пяти летние наблюдения за ростом и развитием вышеуказанных растений показали, что активный рост у изеня и терескена происходит в мае и июне, а у кейрука в июле. У изеня и кейреука в отдельные благоприятные годы в зимние месяцы наблюдается отрастание побегов, у терескена это не отмечено. Сроки прохождения основных фаз развития у изученных видов разны. В генеративную фазу первым вступает изень и кейреук (май - июнь), затем терескен (июль). Во влажные годы в генеративную фазу раньше вступает изень, а кейреук запаздывает на 10 - 15 дней.

Результаты проведенных исследований показали, что в условиях Чуст-Папских адыров ценные кормовые растения – изень, терескен, кейреук, которые можно успешно использовать для поверхностного улучшения деградированных и мало продуктивных пастбищ.

#### Литература:

1. Верник Р.С., Рахимова Т.Т. Естественная растительность и пастбища адыров Наманганской области, Ташкент, Фан. 1982. С. 14 – 15; 20 – 24; 34.

2. Дронова, Т.Н. Использование дикорастущих растений для улучшения пастбищ в аридных районах Прикаспия //Агротехнологии и научное обеспечение интенсивного земледелия Нижней Ёолги: сб. М., 2005. - С. 312-327.

3. Иванов Л.А. и др. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях. Ташкент. Ботан. журн., т.35, № 2. 1950. С 171-185.

4. Илияхунова С. Биология водный режим некоторых однолетних солянок в условиях Ферганских адыров: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Ташкент, 1993

5. Рахимова Т.У. Экология растений адырной зоны Узбекистана. Ташкент: Университет, 1997. С 46-54.

6. Курицын А.В. Ресурсоведческий, фитохимический и экологический мониторинг дикорастущих лекарственных растений в южных районах Пермского края: автореф. дис. канд. фармацевтических наук /А.В. Курицын// - Пермь, -2007.- 24с.

7. Grime J.P. Plant strategies, Vegetation processes. And Ecosystem properties. 2 Edition. Chichester et al.: Jon Wiley and Sons, Ltd. 2001.417 p

*Хуррамова Алишера Шукуровича*

*Термезский Государственный университет, доцент кафедры зоологии*

*Рахматова Масума Умаровна,*

*Термезский государственный*

*университет, преподаватель кафедры зоологии*

*Искандарова Нилуфар Эргашевна, Термезский государственный*

*университет, магистрант кафедры зоологии*

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОНЕМАТОД ПШЕНИЦЫ И ДИКОРАСТУЩИХ РАСТЕНИЙ ЮГА УЗБЕКИСТАНА

**Аннотация:** В статье приводится экологическая характеристика фитонематод пшеницы и дикорастущих растений на юге Узбекистана. В период исследования на обследованных культурах обнаружено 164 видов фитонематод, относящихся к 8 отрядам, 28 семействам и 63 родам, которые распределялись по экологическим группам следующим образом: политрофы -16 видов, типичные сапробионты -11, девисапробионты - 44, потенциальные паразиты - 69, настоящие паразиты - 14, хищные и полухищные формы представлены - 10 видами.

**Ключевые слова:** Фитогельминтологические исследования, фитонематоды, пшеница, дикорастущие растения, экологические группы

Сведения о фауне фитонематод пшеницы и дикорастущих растений в Узбекистане очень мало численны. Исходя из этого, целью нашего исследования было изучить фауну фитонематод пшеницы и дикорастущих злаковых, в различных почвенно-климатических зонах Сурхандарьинской области.

Фитогельминтологические исследования проводились в 2014-2015 г.г. в 42 хозяйствах, 14 районах области. Всего собрано и проанализировано 820 проб почвы, корневой системы и надземных органов пшеницы и дикорастущих злаковых, как - овёс волосистый, мятлик луковичный, ячмень луковичный, дикой ржи. Отбор проб, выделение нематод, приготовление препаратов проводили по общепринятой методике в фитогельминтологии.

Для систематического анализа мы использовали систему разработанной В.В. Малаховым, К.М. Рыжиковым и М.Д. Сониным [1] сходной системы А.А. Парамонова [2]. Для характеристики отдельных систематических групп фитонематод мы пользовались соответствующими монографическими работами.

В период исследования на анализированных растениях нами было зарегистрировано 164 вида фитонематод, относящихся к 3 подклассам, 8 отрядам, 28 семействам и 63 родам.

Фитонематоды объединяют весьма различные экологические группы. А.А. Парамонов предложил экологическую классификацию, основанную на

трофических связях нематод с растениями или другими почвенными организмами и выделил 5 экологических групп: паразитобионты-свободноживущие почвенные формы; эузапробионты - настоящие обитатели гнилой среды; девисапробионты-полусапробиотические обитатели; фитогельминты специфического патогенного эффекта - настоящие паразиты растений; фитогельминты неспецифического патогенного эффекта или неспецифичные паразиты[3].

Классификация А.А. Парамонова не полностью учитывает все разносторонние трофические связи фитонематод. Поэтому были предложены новые классификации, учитывающие все стороны связи нематод.

В экологических исследованиях более удобной является одноступенчатая классификация, приводимая в работе Л.И. Груздевой, сходная с системой А.А. Парамонова[4]. По этой системе фитонематоды делятся на 7 экогрупп: типичные паразиты, потенциальные паразиты, типичные сапробионты, девисапробионты, микофаги, политрофы и хищники. Последняя классификация была принята и в наших нематологических исследованиях.

Зарегистрированные нами виды фитонематод на пшенице и дикорастущих растениях в условиях Сурхандарьинской области по экологическим группам распределяются следующим образом: политрофы - 16 (9,8%), типичные сапробионты - 11 (6,7%), девисапробионты - 44 (26,8%), потенциальные паразиты - 69 (42,1%), настоящие паразиты - 14 (8,5%), хищные и полухищные формы представлены - 10 видами (6,1%).

Прикорневая почва и органы растений отличаются друг от друга по экологическому составу. В прикорневой почве пшеницы и дикорастущих растений виды питающихся микробным комплексом почвы (политрофы) представлены 9 видами (виды родов *Trischistoma*, *Monhystera*, *Geomonhystera*, *Plectus*, *Tylocephalus*, *Proteroplectus*, *Micronema*). Среди политрофов массовые виды отсутствуют. Сравнительно чаще других в почве встречаются виды как *Plectus parietinus* и *Monhystera simplex*. Представители политрофов в стеблях и листьях отсутствуют, а в корнях встречаются очень редко.

Хищные нематоды в нашем материале представлены видами родов *Mylonchulus*, *Clarcus*, *Aporcelaimellus*. Все обнаруженные 7 видов настоящих хищных нематод малочисленны и встречаются исключительно в прикорневой почве. К хищникам со смешанным типом питания относятся 2 вида: *Discolaimium cylindricum* и *Discolaimoides smithi*. Оба вида встречаются только в почве и относятся к редким формам.

Типичные сапробионты представлены 11 видами. Основная их масса приурочена прикорневой почве. Из типичных сапробионтов наиболее многочисленными были *Rhabditis brevispina*, которые составляли почти всю массу нематод в прикорневой почве и в корнях растений.

Девисапробионты являются наиболее разнообразной экогруппой (44 вид) в составе нематофауны исследуемых растений и составляют около трети всех обнаруженных видов и более половины особой фитонематод. Среди них *Panagrolaimus rigidus*, *P. subelongatus*, *Chiloplacus propinquus*, *Ch. sclerovaginatus*, преобладали во всех почвенных пробах. Несколько меньше, чем предыдущие виды представлены *Cephalobus persegnis*, *Acrobeloides nanus*, *A. buetschlii*, *A. labiatus*, *Panagrolaimus fuchsii*. Остальные виды встречаются крайне редко.

Микохилофаги, питающиеся на мицелиях грибов в прикорневой почве представлены 22 видами из родов *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Seinura*. К массовым микогельминтам относятся два вида *Aphelenchus avenae* и *Aphelenchoides parietinus*. В фаунистический комплекс можно включить ещё 8 видов: *Aphelenchus cylindricaudata*, *A. eremitus*, *Aphelenchoides capsuloplanus*, *A. composticola*, *A. limberii*, *A. parasaprophilus*, *A. trivialis*, *A. orientalis*.

Группа неспецифичных (потенциальных) паразитов в прикорневой почве пшеницы включает 18 видов. К ним относятся виды родов *Ditylenchus*, *Neotylenchus*, *Psilenchus*, *Hexatyclus*, *Scutaleum* и *Halenchus*, представленные в незначительных количествах. Сравнительно часто встречаются *Ditylenchus triformis*. Возможно в данную экологическую группу также можно включить виды *Psilenchus hilarulus*, *P. clavicaudatus*, *Ditylenchus myceliophagus*.

Типичные паразиты в прикорневой почве представлены 14 видами. Сюда входят виды родов *Xiphinema*, *Tylenchorhynchus*, *Bitylenchus*, *Merlinius*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus* (*D. dipsaci*). Массовые паразитические виды в почве отсутствуют. К часто встречаемым видам относятся *Pratylenchus pratensis*, *Ditylenchus dipsaci*, *Bitylenchus dubius*, *Tylenchorhynchus brassicae*. Для зерновых культур определенное значение могут иметь эктопаразиты, однако они в прикорневой почве немногочисленны.

В корневой системе исследуемых растений обнаружено 35 видов девисапробионтов, из которых преобладают *Panagrolaimus rigidus*, *P. subelongatus*, *Chiloplacus propinquus*, *Ch. sclerovaginatus* и *Acrobeloides nanus*. Сравнительно часто встречаются виды *Cephalobus persegnis*, *Acrobeloides buetschlii*, *Panagrolaimus multidentatus*, *P. mycophilus*.

Потенциальные паразиты в корнях пшеницы и дикорастущих злаков представлены 11 видами, из которых в фаунистический комплекс можно включить *Filenchus filiformis*, *F. valkanovi*, *Lelenchus discrepans*, *Ditylenchus triformis*, *D. myceliophagus*, *Hexatyclus viviparus*, *Psilenchus clavicaudatus*. В стеблях и листьях потенциальные паразиты встречаются крайне редко и представлены только одним видом.

В корневой системе растений микохилофаги представлены 36 видами. К массовым видам можно отнести *Aphelenchus avenae*, *Aphelenchoides parietinus*. Сравнительно часто встречаются *Aphelenchoides composticola*. К комплексу микохилофагов



относятся *Aphelenchoides parasoprophilus*, *A. trivialis*, *A. capsuloplanus*, *A. delhiensis*, *A. submersus*, *Aphelenchus cylindricaudata*. В стеблях и листьях из микрохилофагов отмечены *Aphelenchus avenae*, *Aphelenchoides parietinus*, *A. composticola*.

Фитопаразиты в корнях представлены 11 видами; преобладают особи *Ditylenchus dipsaci*. В эту группу также входят виды: *Bitylenchus dubius*, *Pratylenchus pratensis*, *P. neglectus*, *Helicotylenchus dihystrera*, *Tylenchorhynchus tener*, *T. brassicae*, *Helicotylenchus pseudorobustus*.

В стеблях исследуемых культур обнаружено 14 видов девисапробионтов, в том числе *Panagrolaimus rigidus*, *P. mycophilus*, *P. multidentatus*, *Eucephalobus oxyuroides*, *Chiloplacus propinquus*, *Ch. sclerovaginat*. Первые два вида занимают доминирующее положение и составляют основную массу особей фитонематод. В листьях зарегистрировано 13 видов девисапробионтов, доминируют *Panagrolaimus rigidus*, *P. multidentatus*, *P. mycophilus*, *P. subelongatus*.

Паразитические нематоды в стеблях и листьях очень редки и представлены лишь видом *Ditylenchus dipsaci*.

Надо отметить, что выше указанные паразитические нематоды были немногочисленные и серьезную угрозу для пшеницы не представляют. Однако, выявление на пшеничных полях комплекса весьма патогенных паразитических видов нематод – пратилеихов, геликотилеихов, тилеихоринхов и дитилеихов с достаточно высокой плотностью их популяций, вызывает особую тревогу, как широко распространеннейшей опасной болезни.

#### Ссылки:

1. Малахов В., Рыжиков К., Сонин М. 1982. "Система крупных таксонов нематод: подклассы, отряды, подотряды." Зоол. журн. -М.: -Т.11.-вып.8.-С.1125-1134.
2. Парамонов А.1962. "Основы фитогельминтологии." Изд-во. АН СССР.-М.: Т.1.- С.480.
3. Парамонов А. 1952. "Опыт экологической классификации фитонематод." Тр. ГЕЛАН. М.: -Т.6.-С. 338-369.
4. Груздева Л. 1989. "Структура сообществ нематод торфяных почв при внесении минеральных удобрений." Влияние минеральных удобрений на сообщества почвенных нематод., Петрозаводск, - С. 82-97.

**O.A.Orlovsky**

*Ph.D (Biol), D.Sc(MA), staff scientist,*

*R.E.Kavetsky Institute of experimental pathology, oncology and radiobiology*

*NAS of Ukraine, Kyiv*

**O.A.Samoylenko**

*Principal engineer,*

*the same place of employment*

**V.O. Shlyakhovenko**

*Doctor of medicine, professor, principal staff scientist,*

*the same place of employment*

## C-MYC-TFBS-COMPLEMENTARY AND NF- $\kappa$ B-p50-TFBS-COMPLEMENTARY MOTIFS IN MATURE miRNA OF HUMAN AND LABORATORY RODENTS

### Abstract

**The aim** of our study was to evaluate all miRNAs have been discovered in *Homo sapiens* and in the most widespread laboratory animals – *Mus musculus* and *Rattus norvegicus* – in respect to their potential ability to function as alternative agents for such protein transcription factors as c-myc and NF- $\kappa$ B p50.

**Methods.** C-myc-TFBS-complementary and NF- $\kappa$ B-p50-TFBS-complementary motifs were determined as the short RNA nucleotide sequences, complementary to the c-myc-binding and NF- $\kappa$ B-p50-binding DNA motifs described in our previous paper [7] and were found in the miRNA sequences by the same way as it was described in [7] for the DNA TFBS motifs. Overlaps of the TFBS-complementary motifs were specially noted as a sign of informational redundancy of miRNA-mediated transcription control.

**Results.** Number of the TFBS-complementary sites, including conventional ones, runs up to a few of tens and even hundreds per each species miRNA set. The sites assortment and distribution in the whole species miRNA sets and in the individual miRNA families suggest that each kind of conventional or modified TFBS and corresponding TFBS-complementary site has its own specific function in the transcription control. Informational redundancy of miRNA-mediated transcription control was shown to be many times more for c-myc than for NF- $\kappa$ B p50 suggesting the first of them is much more evolutionary old than the second.

**Keywords:** microRNA, transcription factor binding site (TFBS), transcription control.

As contemporary literature shows, miRNA role in the protein expression control is, at least, dual. Commonly known for today is post-transcriptional pathway based on miRNA interaction with mRNA. But there are also some experimental works showing the miRNA ability to regulate transcription of several genes, as well as some reviews of such works [1 — 3]. In certain

cases, miRNA-mediated transcription control is not direct, namely is based on post-transcriptional affect of protein transcription factor (TF) expression. Nevertheless, there are some data showing direct miRNA-mediated transcription control.

At the same time, we could not find any publications about global evaluation of the total miRNA set,

known in one or another biological species, in respect to their potential ability to function as alternative transcription factors. Although, it must be noted at least one opposite investigation [4], in which the authors have searched for the transcription factor binding sites (TFBS) in the miRNAs themselves.

The aim of our study was to evaluate all miRNAs have been discovered in *Homo sapiens* and in the most widespread laboratory animals – *Mus musculus* and *Rattus norvegicus* – in respect to their potential ability to function as alternative agents for such protein transcription factors as c-myc and NF- $\kappa$ B p50.

#### Materials and methods

##### Nucleotide sequences of the mature miRNAs

were retrieved in the miRBase — the officially main miRNA database in the world being supported by Manchester University (UK) [5, 6] – and saved in the Microsoft Word format (.doc or .docx).

**C-myc-TFBS-complementary and NF- $\kappa$ B-p50-TFBS-complementary motifs** were determined as the short RNA nucleotide sequences, complementary to the c-myc-binding and NF- $\kappa$ B-p50-binding DNA motifs described in our previous paper [7] and were found in the miRNA sequences by the same way as it was described in [7] for the DNA TFBS motifs. Overlaps of the TFBS-complementary motifs were specially noted as a sign of informational redundancy of miRNA-mediated transcription control.

**Note 1.** We name the TFBS variations as “deletions”, “insertions” or “exchanges”, i.e., such as mutations are named commonly. But we can't know, are they real mutations or constitutional variations. Indeed, we can establish a true mutation only if we know that certain nucleotide sequence was previously without the

variation we observe now and only later got it. Moreover, some our finds (see below) suggest that most of the TFBS and TFBS-complementary site variations are just constitutional, not true mutant.

**Statistical evaluations.** If it was necessary, significance of the differences was calculated using the exact Fisher's method. But, since such factorials of big numbers as, for example 435! or 2558!, in practice may be used only in the rough, in  $\alpha \times 10^n$  form, where  $\alpha$  is a rational number [8], the final results were also evaluated approximately, as  $P < 0.001$ , etc.

#### Results and discussion

Interpreting the search results, it must be pointed that, in contrast to the [7] paper, in this case we have studied not a material obtained from single donor or single inbred strain of mice but total species sets of the material (miRNA) as they were known at a time point when the study was initiated, i.e., on October 12, 2016.

Since the miRNAs studied number was enough high (2558 for *Homo sapiens*, 1915 for *Mus musculus* and 765 for *Rattus norvegicus*) and, in addition, the miRBase data are compiled from a few hundreds of the works have been performed on manifold materials with quite different aims, these species sets may be regarded as statistically representative samples.

The integrated search results are given in the Tables 1 and 2. The supplementary materials (full schemes and tables, near 700 pages) one can obtain by request on one of the following e-mails: [orlova-leks1955@ukr.net](mailto:orlova-leks1955@ukr.net), [orlova-leks1955@mail.ru](mailto:orlova-leks1955@mail.ru), [orlova-leks@rambler.ru](mailto:orlova-leks@rambler.ru).

Table 1.

**Total number of c-myc-TFBS-complementary sites in miRNAs of *Homo sapiens*, *Mus musculus* and *Rattus norvegicus***

Number of sites (% of $\Sigma$ sites)					Overlaps
Conventional	Deletion	Insertion	Exchange	Inner inversion	
Homo sapiens, 2558 mature miRNAs, $\Sigma$ sites=435 ( $\Sigma/N_{miRNA} \approx 0.17$ )					
51 (11.7)	325 (74.7)	49 (11.3)	0 (0)	10 (2.3)	2
Mus musculus, 1915 mature miRNAs, $\Sigma$ sites=256 ( $\Sigma/N_{miRNA} \approx 0.13$ )					
23 (9.0)	190 (74.2)	39 (15.2)	0 (0)	4 (1.6)	0
Rattus norvegicus, 765 mature miRNAs, $\Sigma$ sites=150 ( $\Sigma/N_{miRNA} \approx 0.20$ )					
20 (13.3)	106 (70.7)	22 (14.7)	0 (0)	2 (1.3)	0

Table 2.

**Total number of NF-κB-p50-TFBS-complementary sites in miRNAs of *Homo sapiens*, *Mus musculus* and *Rattus norvegicus***

Number of sites (% of Σsites)				Overlaps	
Conventional	Deletion	Insertion	Exchange	In total (% of total sites)	Double (% of total overlaps)
Homo sapiens, 2558 mature miRNAs, Σsites=132 (Σ/NmiRNA≈0.05)					
16 (12.1)	55 (41.7)*	22 (16.7)	39 (29.5)#	25* (19%)	10** (40%)
Mus musculus, 1915 mature miRNAs, Σsites=77 (Σ/NmiRNA≈0.04)					
9 (11.7)	39 (50.6)*	8 (10.4)	21 (27.3)#	19* (25%)	4** (21%)
Rattus norvegicus, 765 mature miRNAs, Σsites=31 (Σ/NmiRNA≈0.04)					
2 (6.5)	18 (58.1)*	2 (6.5)	9 (29.0)#	5* (16%)	0**

Notes: \* - P<0.05 versus the corresponding cell of the Table 1; # - P<0.001 versus the corresponding cell of the Table 1; \*\* - P<0.01 versus each of two other species miRNA sets.

As one can see in the Tables 1 and 2, regulatory potential of miRNA with respect to transcription of the c-myc-dependent and NF-κB-dependent genes is rather high, because number of correspondent TFBS-complementary sites, including conventional ones, runs up to a few of tens and even hundreds per each species miRNA set.

*Note 2.* Naturally, we can not know at the point, how frequently and under what conditions this potential would be realized. But one can be sure such conditions really exist and this potential is realizing, because there is nothing in nature that is possible and never realizing.

Of a special interest is similarity among these data and the data on the corresponding DNA TFBS [7, Supplementary materials] in regard to the following points:

a) in each of the species have been studied, number of the modified TFBS-complementary sites is multiple higher than conventional ones;

b) in each species miRNA set, number of the c-myc-TFBS-complementary sites is significantly more than NF-κB-p50-TFBS-complementary ones.

Of a special interest is a strong dependence of the TFBS-complementary site spectra on both biological species and TF kind. In particular:

– in all cases, the sites with deletions essentially prevail among all modified sites, and this predominance is significantly more for the c-myc-TFBS-complementary sites than for NF-κB-p50-TFBS-complementary ones;

– for c-myc, the sites with exchanges are completely absent, whereas number of such sites for NF-κB p50 amounts 27-29% in each of three species, and this difference is of high statistical significance;

– among the miRNA families [Supplementary materials to this paper], there are some ones containing certain kind of TFBS-complementary sites (in some cases, more than one copy per a member) in all their known members (for example, miR-941 family in

*Homo sapiens* contains conventional c-myc-TFBS-complementary sites in each of its 5 members – in two in four of them and one – in the fifth); miR-3118 family contains one c-myc-TFBS-complementary site with deletion in each of its 4 members; miR6724 family – one c-myc-TFBS-complementary site with inner inversion in each of its 4 members; miR-3689 family (4 known members) is rich in the NF-κB-p50-TFBS-complementary sites, both conventional and deleted or inserted, etc.).

These data are of fundamental importance because they suggest a new look on the nature of TFBS variations and miRNA classification. Namely:

– contrary to the contemporary common opinion, the TFBS variations are not accidental, but each kind of TFBS in DNA and TFBS-complementary site in miRNA has its specialized function in the transcription control;

– miRNA families and individual miRNAs specialization in the transcription control must constitute a new complementary principle of their classification.

A special kind of data makes calculation of the overlaps between the TFBS-complementary sites. We have registered only 2 overlaps between the c-myc-TFBS-complementary sites, and both of them – in the *Homo sapiens* miRNA set (Table 1 and Supplementary materials). Double overlaps were not found there. In contrast to this, the overlaps of the NF-κB-p50-TFBS-complementary sites mount 16-25% of total TFBS-complementary sites number in each species miRNA set (Table 2 and Supplementary materials). Moreover, there were found enough multiple cases of the double overlaps, and just this kind of finds makes essential interspecies difference (Table 2).

The overlaps data show:

a) many times higher level of informational redundancy of miRNA-mediated transcription control realizing through NF- $\kappa$ B p50 TFBS versus c-myc TFBS; this suggest c-myc to be much more evolutionary old than NF- $\kappa$ B;

b) significantly higher level of informational redundancy of miRNA-mediated transcription control in *Homo sapiens* than in the rodents.

### References

1. Martins F.M.M. *In silico* analysis of miRNA promoters / Mestrado em Bioinformatica e Biologia Computacional.- Universidade de Lisboa.- 2011.- 41p. (In English, titles and abstract in Portugal).

2. Somel M., Liu X., Tang L., et al. MicroRNA-driven developmental remodeling in the brain distinguishes humans from other primates // PLOS Biology.- 9(12).- e1001214.- doi: 10.1371/journal.pbio.1001214

3. Liu Z-P., Wo C., Miao H., Wo H. RegNetwork: an integrated database of transcriptional and post-transcriptional regulatory networks in human and mouse // Database.- Vol. 2015.- Article ID 095.- doi:

10.1093/database/bav095.

4. Putta P., Orlov Yu.L., Podkolodnyy N.L., Mitra C.K. Relatively conserved common short sequences in transcription factor binding sites and miRNA // Вавиловский журнал генетики и селекции.- 2011.- Т.15, №4.- С. 750-756.

5. Kozomara A., Griffiths-Jones S. miRBase: integrating microRNA annotation and deep-sequencing data // Nucl. Acids Res.- 2011.- 39 (Database issue).- P. 152-157.

6. Aushev V.N. MicroRNA: small molecules of great significance // Klin. Oncohematol.- 2015.- V. 8, #1.- P. 1-12 (in Russian).

7. Orlovsky O.A., Samoylenko O.A., Shlyakhovenko V.O. Transcription factor binding sites in a structural gene: what may be this? (by the example of the genes encoding the main enzymes of the polyamines metabolism) // East Eur. Sci. J.- 2016.- No 6(10), Part 3.- P. 62-68.

8. Factorial tables (in Russian) [http://chursinvb.ucoz.ru/load/tablica\\_faktorialov\\_ot\\_1\\_do\\_2000/7-1-0-113](http://chursinvb.ucoz.ru/load/tablica_faktorialov_ot_1_do_2000/7-1-0-113)

**Paulouski M.B.**

*PhD in Biology*

*Central Botanical Gardens of the National Academy of Sciences of Belarus*

**Павловский Николай Болеславович**

*кандидат биологических наук, заведующий лабораторией*

*Центральный ботанический сад Национальной академии наук Беларуси*

## PHENOLOGICAL DEVELOPMENT OF HIGHBUSH BLUEBERRY VARIOUS CULTIVARS IN BELARUS

**Summary:** Drawing on a decade of stationary observation of seasonal growth rhythms and development, the paper demonstrates peculiarities of phenological development stages in 20 highbush blueberry cultivars and 3 half-highbush blueberry cultivars. The calendar periods for the beginning of vegetation and duration of the spring phenological development stages in the cultivars differ considerably from year to year and depend on weather conditions. Cultivar differences in the development of blueberry show more vividly in the blooming period, and especially at the fruit ripening stage. The climatic conditions in the central agro-climatic region of Belarus ensure the completion of the entire cycle of seasonal development in highbush blueberry cultivars of the entire crop ripening range.

**Key words:** *Vaccinium corymbosum*, Highbush blueberry; Cultivars; Phenology; Temperature conditions; Correlation; Belarus.

**Анотация:** На основании данных десятилетних стационарных наблюдений за ритмами сезонного роста и развития показаны особенности прохождения фаз фенологического развития 20 сортов голубики высокорослой и 3 сортов голубики полувисокорослой. Календарные сроки начала вегетации и продолжительность весенних фаз фенологического развития сортов по годам значительно варьируют и зависят от погодных условий. Сортные различия развития голубики проявляются существенней в сроках цветения, а особенно созревания плодов. На основании результатов корреляционного анализа показаны особенности термической зависимости фенологического развития сортов голубики высокорослой в течение вегетационного периода. У подавляющего числа сортов голубики установлена сильная положительная корреляция между урожайностью и продолжительностью периода созревания плодов. Климатические условия центральной агроклиматической области Беларуси обеспечивают прохождение полного цикла сезонного развития сортами голубики высокорослой всего спектра созревания урожая.

**Ключевые слова:** *Vaccinium corymbosum*, голубика высокорослая, сорта, фенология, температурные условия, корреляция, Беларусь.

### Introduction

Highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*) is a relatively new small-fruit crop introduced in Belarus from the Atlantic coast of North America. There are no absolutely identical regions in terms of climatic and soil

conditions. Therefore, plants are normally transferred to conditions that differ from their places of origin and their introduction can be successful when alien crops possess phenotypic adaptive flexibility. In order to identify the applicability of a plant in new conditions,

direct experience is required, N. Vavilov said [1]. The primary criterion to assess the success of the introduction is to analyze the correspondence of seasonal development rhythms to the climatic conditions of a new region. The knowledge of the timeline for a cultivar to pass phenological development stages is also necessary to schedule agronomic arrangements and properly site various cultivars.

In recent years, phenological development of highbush blueberry has been analyzed in neighboring countries — Latvia [2, 3], Poland [4], in Ukrainian forest steppes [5], Central Black Earth Region of Russia [6, 7], and the Moscow Region [8]. In Belarus, seasonal development rhythms of blueberry cultivars were studied by Kurlovich [9] (5 cultivars) and Rupasova et al. [10] (3 cultivars). Despite the substantial number of literary sources about the phenological development of blueberry, most of the available information is either fragmentary or generalized.

The objective of this paper is to assess the correspondence of the endogenous rhythms of the introduced blueberry cultivars to the climatic conditions of Belarus and identify the impact of biotic and abiotic factors on their phenological development indicators.

#### Material and methods

Phenological observations were performed from 2006 to 2015 at the collection plantations of the Experimental Station of the Central Botanical Gardens of the National Academy of Sciences of Belarus located in the central agro-climatic region of the country in the Gantsevichy District of the Brest Region (N 52°74', E 26°38'). The objects of the study included fruit-bearing plants of 20 highbush blueberry cultivars, namely 'Bluecrop', 'Blueray', 'Bluerose', 'Bluetta', 'Carolinable', 'Coville', 'Croatan', 'Darrow', 'Denise Blue', 'Duke', 'Earliblue', 'Elizabeth', 'Hardyblue', 'Herbert', 'Jersey', 'Nelson', 'Patriot', 'Reka', 'Rubel', 'Weymouth' and 3 half-highbush blueberry cultivars - 'Northblue', 'Northcountry', and 'Northland'. Blueberry plantations were established in 1999 on mineral soils with the use of two-year transplants. Sandy soils were used with underlying loose inequigranular sand with pH<sub>(H2O)</sub> equal to 4.5. The planting pattern is 2.0×1.5 m. In dry-weather periods, the plants were watered with overhead irrigation.

Observations of seasonal development rhythms were held on a daily basis employing the procedure developed by I. Yurkevich et al. [11] and in compliance with recommendations by the University of Michigan [12]. Calendar times of the commencement of the following phenological stages and corresponding sums of

positive air temperatures were registered: swelling of buds, breaking of buds, beginning and end of growth, flower-bud formation, blooming, fruit ripening, autumn leaf color, and leaf fall.

Blueberry shoots were classified into three types based on M. Mazurenko's practical guidelines [13]. The first type includes 'formation shoots' that perform the skeletal function, have enhanced growth properties, are normally 50 cm to 100 cm long and 6 mm to 8 mm in diameter, and grow from the base of the bush. The second type includes 'replacement shoots' that grow at an acute angle in the upper part of formation shoots after the dieback of terminal buds, are from 30 cm to 50 cm long and 4 mm to 6 mm in diameter. The third type, 'branching (fruiting) shoots', are the most numerous, grow almost at a right angle on replacement shoots, branching shoots, and, more rarely, formation shoots, are from 5 cm to 20 cm long and 1.5 mm to 2.5 mm in diameter.

The time interval from the stable transition of air temperatures to above 0°C in spring to below 0°C in autumn was considered the vegetation period. Its duration in the years of observation varied from 212 to 274 days, with sums of positive temperatures from 2,910°C to 3,288°C. Weather conditions were reported based on data provided by the Gantsevichi weather station. Data were processed with the use of the Microsoft Excel Analysis ToolPak at a 95% confidence interval. For statistical processing calendar dates were translated into a continuous numerical row [11]. To determine the correlation between the time of the commencement of seasonal development stages and ambient temperatures, the study used the average daily temperature for a period of ten days prior to the beginning of a phenological stage. When determining the correlation between the duration of a seasonal development stage and air temperatures, the average daily temperature for a phenological stage was calculated.

#### Results and discussion

**Generative development.** Highbush blueberry vegetation begins with the swelling of reproductive buds. Swollen buds increase in their volume, cover scales spread, and light-green stripes emerge. Flower buds swell on average at the end of March in the half-highbush blueberry cultivars 'Northblue' and 'Northcountry' (26.03) (Table 1). In highbush blueberry cultivars reproductive buds swell in 3 to 7 days. During seasons with late vegetation periods and warm spells (2012, 2013), flower buds swell at about the same time in all blueberry cultivars.

Table 1

**The average date of the passage of the main phases of phenological development of cultivars of blueberries in the central agro-climatic region of Belarus (2006-2015)**

Cultivar	Development phase					
	bud swell	bud break	late green tip	leaf emergence	early pink bud	early bloom
Bluecrop	31.03±7	19.04±9	29.04±6	4.05±5	7.05±6	16.05±5
Blueray	30.03±8	18.04±7	27.04±5	4.05±5	9.05±3	18.05±3
Bluerose	1.04±7	17.04±8	26.04±6	2.05±4	6.05±5	19.05±5
Bluetta	30.03±7	18.04±7	27.04±5	2.05±5	3.05±5	11.05±5
Carolinablue	1.04±7	18.04±8	27.04±7	3.05±5	8.05±6	19.05±5
Coville	1.04±6	19.04±8	27.04±7	4.05±5	6.05±6	17.05±4
Croatan	1.04±9	17.04±9	26.04±6	2.05±4	3.05±7	11.05±4
Darrow	1.04±7	18.04±9	27.04±7	3.05±5	5.05±6	17.05±4
Denise Blue	1.04±8	17.04±8	26.04±4	2.05±4	5.05±7	14.05±7
Duke	30.03±7	17.04±8	26.04±6	2.05±4	4.05±6	13.05±4
Earliblue	30.03±8	19.04±8	27.04±5	4.05±5	8.05±5	14.05±4
Elizabeth	2.04±6	19.04±9	27.04±7	3.05±5	8.05±5	19.05±4
Hardyblue	29.03±9	17.04±8	26.04±7	2.05±5	4.05±5	12.05±3
Herbert	30.03±8	18.04±7	28.04±5	5.05±5	10.05±4	19.05±5
Jersey	1.04±7	18.04±7	27.04±7	4.05±5	7.05±5	20.05±4
Nelson	1.04±7	19.04±9	27.04±7	3.05±5	6.05±5	17.05±3
Northblue	26.03±8	13.04±8	23.04±6	1.05±5	30.04±4	10.05±4
Northcountry	26.03±8	11.04±8	23.04±6	29.04±4	30.04±5	7.05±4
Northland	30.03±8	19.04±8	27.04±5	4.05±5	7.05±4	14.05±3
Patriot	29.03±7	12.04±7	24.04±6	1.05±4	1.05±4	10.05±4
Reka	31.03±7	18.04±7	26.04±6	2.05±4	4.05±3	14.05±3
Rubel	30.03±8	21.04±8	28.04±5	6.05±5	10.05±3	19.05±4
Weymouth	30.03±7	16.04±7	27.04±5	5.05±5	5.05±3	12.05±4
<b>LSD<sub>0.05</sub></b>	<b>12.3</b>	<b>9.4</b>	<b>7.5</b>	<b>6.3</b>	<b>6.0</b>	<b>4.7</b>

Table 1

Continued

Cultivar	Development phase				
	petal fall	beginning of ripening	end of ripening	leaf coloring	beginning of leaf fall
Bluecrop	4.06±4	15.07±5	6.08±8	25.09±8	5.10±6
Blueray	7.06±6	21.07±7	20.08±7	26.09±11	12.10±4
Bluerose	4.06±4	23.07±8	4.09±6	23.09±4	10.10±7
Bluetta	31.05±5	3.07±5	3.08±3	15.09±9	7.10±6
Carolinablue	5.06±6	24.07±7	6.09±11	23.09±4	7.10±6
Coville	5.06±4	22.07±4	15.09±6	20.09±4	6.10±5
Croatan	31.05±3	7.07±4	10.08±5	17.09±3	30.09±5
Darrow	6.06±4	18.07±4	10.09±9	21.09±4	5.10±6
Denise Blue	3.06±2	12.07±3	21.08±6	22.09±5	29.09±4
Duke	8.06±9	5.07±4	10.08±7	12.09±5	27.09±4
Earliblue	3.06±6	8.07±5	3.08±4	21.09±10	4.10±6
Elizabeth	8.06±5	25.07±8	21.09±7	19.09±6	2.10±3
Hardyblue	2.06±4	13.07±5	15.08±7	19.09±3	27.09±5
Herbert	5.06±6	1.08±6	1.09±10	28.09±8	11.10±7
Jersey	9.06±5	21.07±5	6.09±9	20.09±2	2.10±5
Nelson	6.06±4	18.07±5	3.09±6	18.09±2	3.10±4
Northblue	1.06±5	6.07±4	14.08±13	17.09±4	30.09±5
Northcountry	29.05±5	7.07±4	10.08±8	19.09±3	27.09±5
Northland	30.05±4	13.07±4	3.08±6	25.09±9	10.10±5
Patriot	29.05±4	7.07±5	12.08±6	19.09±8	27.09±4
Reka	3.06±5	5.07±5	9.08±12	20.09±3	30.09±4
Rubel	6.06±5	29.07±7	5.09±8	3.10±4	10.10±6
Weymouth	31.05±5	6.07±4	11.08±7	22.09±5	7.10±7
<b>LSD<sub>0.05</sub></b>	<b>6.6</b>	<b>6.7</b>	<b>10.2</b>	<b>7.62</b>	<b>7.50</b>

Calendar periods of the commencement of vegetation in blueberry cultivars vary significantly depending on the year. In 2013, reproductive buds increased in volume in mid-April, whereas in 2008 and 2014, flower buds swelled and began shooting in winter (February); however, when cold spells followed, their development halted, and they remained in that state until more favorable weather conditions set. This complicated the exact identification of the time of the commencement of vegetation. Reproductive buds in other berry plants notably

swell in Belarus during thaws as well, including *Sambucus*, *Lonicera*, and *Ribes nigrum* [14].

The average daily temperature during the swelling of flower buds is 4.7° C (Table 2), and the average sum remains between 67°C and 96°C (Table 3). This correlates with the data previously obtained by T. Kurlovich [9] in the same region — 26°C-109°C. According to Zh. Rupasova et al. [10], highbush blueberry buds in the Central agro-climatic region of Belarus swell in temperatures ranging from 108° C and 142° C.

**Table 2**  
The average air temperature in the decade of the beginning of the passage of the main phases of phenological development of varieties of blueberries in the central agro-climatic region of Belarus, °C

Year	Development phase								
	bud swell	bud break	late green tip	leaf emergence	early pink bud	early bloom	beginning of ripening	leaf coloring	beginning of leaf fall
2006	6.1	9.7	9.7	13.7	12.7	13.4	19.3	12.9	12.3
2007	5.9	8.3	8.4	8.0	8.0	12.5	16.0	11.8	12.3
2008	4.7	2.6	9.3	12.0	12.0	11.5	17.0	9.4	9.8
2009	3.1	8.4	10.5	10.5	12.8	11.1	19.5	8.8	8.7
2010	7.1	8.8	8.0	10.2	12.3	15.2	24.1	10.8	4.6
2011	3.0	8.0	12.4	10.5	12.9	14.9	20.6	14.6	13.4
2012	4.7	9.3	14.6	14.6	14.6	16.9	23.7	14.0	11.3
2013	4.8	9.4	11.8	14.2	14.2	17.2	19.2	14.4	7.2
2014	3.2	7.2	8.2	8.2	8.2	12.9	19.1	13.8	11.2
2015	4.3	5.1	11.3	11.3	11.7	12.0	17.9	7.3	5.8
<b>Average</b>	<b>4.7±0.9</b>	<b>7.7±1.5</b>	<b>10.0±1.0</b>	<b>11.3±1.6</b>	<b>11.9±1.5</b>	<b>13.8±1.5</b>	<b>19.6±1.7</b>	<b>12.0±2.0</b>	<b>9.7±2.0</b>

**Table 3**  
Average amount of positive daily mean air temperature during the passage of the main phases of phenological development of varieties of blueberries in the central agro-climatic region of Belarus (2006-2015), °C

Cultivar	Development phase					
	bud swell	bud break	late green tip	leaf emergence	early pink bud	early bloom
Bluecrop	85±27	226±60	313±41	405±34	446±48	547±42
Blueray	83±22	216±38	320±38	405±13	463±33	589±37
Bluerose	90±26	198±47	294±70	355±51	427±67	587±54
Bluetta	82±23	214±46	316±47	402±16	417±30	499±25
Carolinablue	91±27	202±50	304±63	362±55	444±73	577±52
Coville	95±28	214±56	308±76	370±61	416±71	558±56
Croatan	83±28	194±50	286±65	350±52	382±64	482±45
Darrow	92±27	208±53	300±75	366±61	408±66	579±41
Denise Blue	86±24	190±41	216±43	318±57	416±66	569±59
Duke	80±28	199±52	288±67	367±42	403±55	522±30
Earliblue	78±23	227±58	315±43	403±15	448±42	533±44
Elizabeth	96±28	221±57	296±70	360±55	443±76	589±66
Hardyblue	80±25	197±46	279±70	348±55	395±68	498±48
Herbert	91±32	211±42	319±49	387±43	456±68	574±72
Jersey	94±30	209±53	303±72	369±57	426±67	597±48
Nelson	95±28	196±45	285±77	366±42	435±59	575±33
Northblue	70±18	160±41	261±64	332±63	358±61	466±54
Northcountry	67±20	150±36	251±62	313±57	365±73	444±51
Northland	81±22	226±58	314±41	400±17	460±37	537±23
Patriot	72±23	163±31	263±60	335±57	351±65	462±49
Reka	87±33	202±53	289±64	353±51	383±65	517±51
Rubel	83±22	206±41	301±50	386±22	468±56	584±47
Weymouth	75±16	201±37	300±49	386±22	441±43	512±24
<b>LSD<sub>0.05</sub></b>	<b>33.5</b>	<b>63.1</b>	<b>49.6</b>	<b>32.3</b>	<b>79.2</b>	<b>62.3</b>

**Table 3** Continued

Cultivar	Development phase				
	petal fall	beginning of ripening	end of ripening	leaf coloring	beginning of leaf fall
Bluecrop	830±63	1576±81	2110±113	2790±106	2946±99
Blueray	891±66	1720±120	2242±121	2864±96	2991±81
Bluerose	893±73	1733±82	2527±158	2763±130	2969±102
Bluetta	780±50	1412±51	1988±68	2677±182	2961±81
Carolinablue	896±67	1767±102	2549±185	2813±126	2944±101
Coville	885±69	1736±82	2691±170	2777±114	2911±95
Croatan	802±65	1499±92	2109±71	2723±136	2996±67
Darrow	895±69	1695±71	2627±181	2776±87	2929±98
Denise Blue	833±67	1576±75	2294±160	2758±102	2906±118
Duke	859±49	1445±85	2109±75	2659±152	2894±113
Earliblue	834±44	1503±80	2000±73	2797±111	2963±83
Elizabeth	909±71	1776±123	2726±156	2750±108	2903±91
Hardyblue	807±61	1560±83	2201±102	2775±107	2862±119
Herbert	871±66	1922±105	2440±123	2813±158	2976±72
Jersey	924±60	1736±95	2525±151	2780±109	2902±85
Nelson	904±48	1711±100	2510±124	2763±100	2937±99
Northblue	781±60	1468±78	2152±152	2739±115	2891±111
Northcountry	754±71	1443±68	2090±106	2745±126	2885±102
Northland	773±43	1571±62	1943±56	2835±112	2963±105
Patriot	746±50	1437±79	2140±121	2729±129	2860±104
Reka	824±50	1457±83	2060±148	2758±120	2886±132
Rubel	874±81	1677±149	2338±200	2871±96	3011±70
Weymouth	760±21	1434±53	2010±87	2795±97	2943±88
<b>LSD<sub>0.05</sub></b>	<b>79.8</b>	<b>151.1</b>	<b>174.7</b>	<b>157.9</b>	<b>128.28</b>

In mid-April, 16 to 22 days after the swelling of flower buds, these buds shoot virtually in the same cultivar order as bud swelling. In another 7 to 12 days, shoots begin growing, after which the first leaves appear in 6 to 9 days. Flower-bud formation begins almost at the same time as the first leaves during the first ten days of May. Flower buds are often formed 2 to 5 days after the first leaves appear. In some years with late spring and sudden warming (2006, 2013), flower-bud formation begins 2 or 3 days before the first leaves appear.

Blueberry blooming normally starts by mid-May, on the 10th day after flower buds form. Half-highbush blueberry cultivars are the first to flower — ‘Northcountry’ (7.05), ‘Northblue’ (10.05) and highbush ‘Patriot’ (10.05). They are followed by ‘Bluetta’, ‘Croatan’ (11.05), ‘Hardyblue’, ‘Weymouth’ (12.05), ‘Duke’ (13.04), ‘Denise Blue’, ‘Earliblue’, ‘Northland’ and ‘Reka’ (14.05). ‘Jersey’ is the last to flower (20.05). Depending on the cultivar, the sum of the average daily air temperatures depending on the cultivar varies from 444° C to 597° C, and the daily air temperature averages 13.8° C. The blooming stage lasts from 16 (‘Northland’) to 22 (‘Northblue’, ‘Northcountry’) days (Table 4) depending on the cultivar.

Blueberry flowers are gathered in a drooping raceme and open at various times, in the acropetal sequence, from the base of the flower head towards its top. Therefore, flowers at various development stages are found within the same flower head (from flower buds to blossom fall), which increases the likelihood of cross-pollination. The acropetal sequence of the ex-

posure of flowers within a raceme is not always observed. A flower near the base is often the last one to open. However, flower exposure from the base towards the top is the dominant trend. After pollinating the flower, the corolla will shirk and fall off. A morphological peculiarity of ovary fertilization is its 180-degree turn on the flower-bearing stem with the plate feed facing upwards. Unfertilized ovaries turn red within 2 or 3 weeks of blooming, then wrinkle and fall off.

Depending on the variety, 30 to 55 days after the end of blossoming, the fruit ripening stage starts. A morphological peculiarity of the commencement of fruit ripening in blueberry is its 180-degree turn on the flower-bearing stem with the plate feed facing downwards. ‘Bluetta’ is the first cultivar to begin ripening in Belarus (3.07). It is followed by ‘Duke’, ‘Reka’ (5.07), ‘Northblue’, ‘Weymouth’ (6.07), ‘Croatan’, ‘Northcountry’, ‘Patriot’ (7.07) and ‘Earliblue’ (8.07), in which berries turn blue almost at the same time. The above cultivars can be categorized as early ripening. The next group of cultivars that can be categorized as mid-early ripening breeds includes ‘Denise Blue’ (12.07), ‘Hardyblue’, and ‘Northland’ (13.07). Fruit ripening of the classic mid-ripening cultivar ‘Bluecrop’ begins in mid-July (15.07). Five days later, fruit begins to ripen in ‘Darrow’, ‘Nelson’ (18.07), ‘Blueray’, ‘Jersey’ (21.07), ‘Coville’ (22.07), ‘Bluerose’ (23.07), ‘Carolinablue’ (24.07), ‘Elizabeth’ (25.07), ‘Rubel’ (29.07) and ‘Herbert’ (1.08). The blueberry cultivars, in which fruit begins to ripen 5 to 7 days after ‘Bluecrop’ are traditionally considered late-ripening (fig).



The fruit does not ripen on a plant simultaneously, and depending on the cultivar, the duration of the fruit ripening stage can vary from 25 ('Northland') to 55 ('Coville') days. The following pattern has been observed: fruit ripening stages are shorter in earlier ripening varieties. The fast-ripening properties of early-ripening varieties were inherited from lowbush blueberry (*V. angustifolium*) [15].

Overall, the period of fruit development in blueberries from setting to ripening depends on weather conditions and varies from 28–64 days in early-ripening 'Earliblue' to 46–99 days in late-ripening 'Coville'. According to P. Eck [16], the average fruit formation and ripening stage for Northern highbush blueberry lasts from 42 to 90 days. In Southern highbush blueberry, the ripening stage averages 55 to 60 days [17], in Lowbush blueberry, 70 to 90 days [18], and in Rabbit-eye blueberry, 60 to 135 days [19].

Fruit ripening completes in early and mid-ripening cultivars in August, and in late-ripening breeds in September. 'Coville' and 'Elizabeth' are the two cultivars with the latest fruit ripening stage, which normally ends during the last week of September. In some years, fruits fail to ripen in these two cultivars because of early frosts or cold spells. As a rule, unripe fruits account for less than 20% of the total, and these are mostly smaller fruits. The analysis of weather conditions in September over the past 25 years shows that once in five years early frosts begin in mid-September, and once in three years they happen during the final ten days of the month. The 'Coville' and 'Elizabeth' cultivars notably have their fruit ripen 5 to 7 days earlier and normally have enough time to fully ripen before frosts if sited in a warm spot.

Table 4

**The average length of the main phases of phenological development of cultivars of blueberries in the central agro-climatic region of Belarus (2006-2015), day**

Cultivar	Before flowering		Bloom		End of flowering – the beginning of ripening		Ripening	
	$x \pm m_x$	V, %	$x \pm m_x$	V, %	$x \pm m_x$	V, %	$x \pm m_x$	V, %
Bluecrop	49±11	32	21±4	31	39±3	11	32±5	26
Blueray	53±11	31	20±4	32	45±9	30	30±5	24
Bluerose	49±10	31	17±4	27	48±7	21	40±5	19
Bluetta	44±9	30	21±4	26	31±2	9	35±5	23
Carolinablue	48±10	31	17±4	27	47±5	17	37±7	29
Coville	46±9	30	19±3	21	46±6	18	55±6	17
Croatan	42±9	33	20±3	24	36±3	13	34±4	16
Darrow	47±10	31	20±4	25	44±5	15	47±5	16
Denise Blue	49±11	34	20±4	26	38±3	13	42±5	20
Duke	45±10	32	25±4	25	30±3	14	33±7	30
Earliblue	49±11	35	21±4	34	35±3	14	27±3	16
Elizabeth	48±9	29	20±4	33	48±6	18	48±5	14
Hardyblue	47±10	32	21±3	23	41±3	11	33±4	19
Herbert	53±12	33	17±4	31	55±6	15	36±6	24
Jersey	50±9	27	20±3	19	44±5	15	41±8	28
Nelson	48±11	34	20±4	28	40±6	20	45±6	18
Northblue	46±9	29	22±4	31	36±2	10	33±9	41
Northcountry	45±9	31	22±4	28	38±3	11	34±9	38
Northland	47±10	33	16±4	35	42±5	14	25±4	26
Patriot	43±10	35	19±4	26	38±3	12	37±7	28
Reka	47±10	33	20±3	22	32±2	11	31±3	14
Rubel	52±11	32	18±4	31	51±7	20	41±6	23
Weymouth	46±11	35	19±4	35	38±4	20	37±8	31
r	-0.35		-0.30		0.42			
LSD <sub>0.05</sub>	13.3		4.8		6.0		7.7	

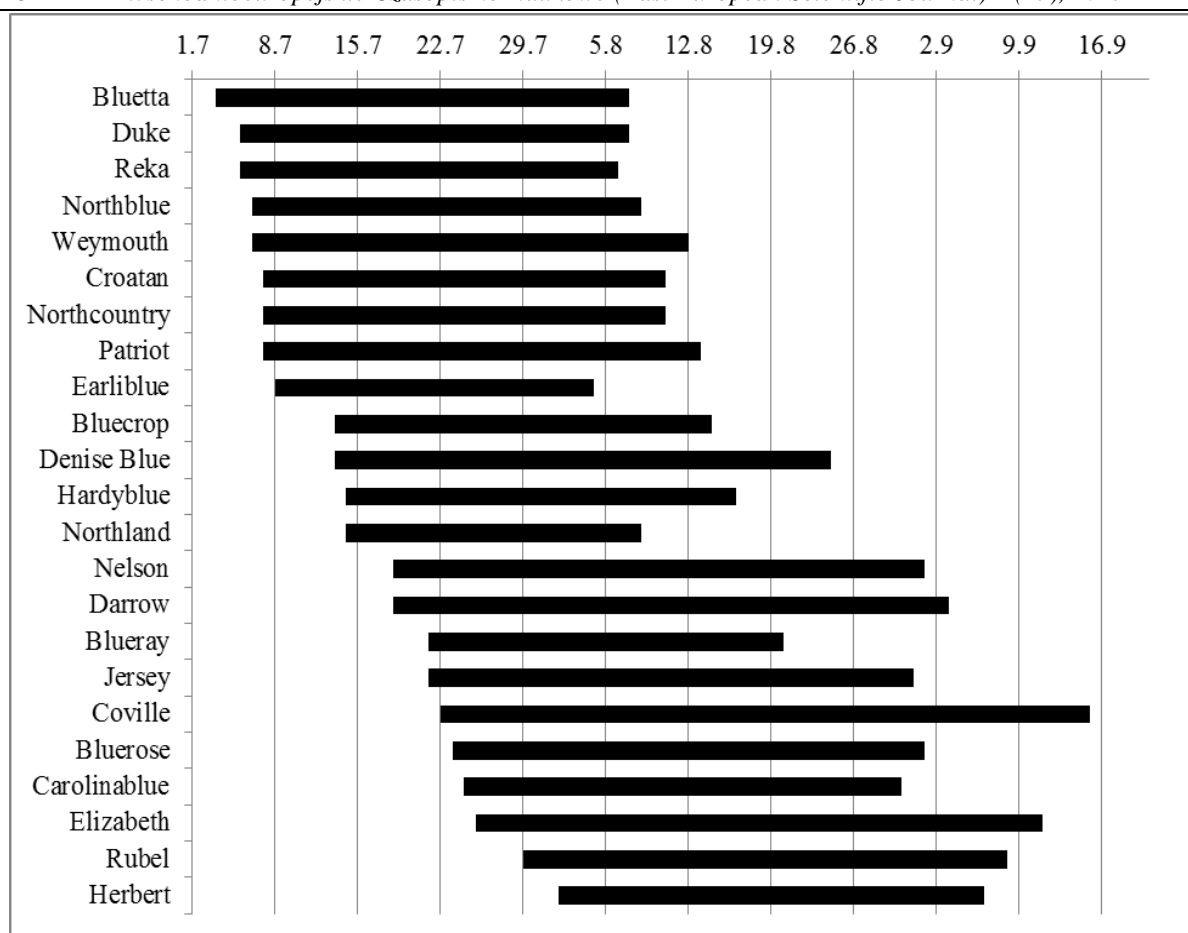


Figure - Ripening harvest of different cultivars of highbush blueberry in conditions of Belarus

**Vegetative growth and development.** Vegetative buds in blueberries emerge a few days after generative buds. In seasons when flower buds froze, vegetative buds were the first to grow.

Highbush blueberry is characterized by the alternation, throughout the vegetation stage, of several periods of intensive growth of shoots with rest periods. Growth of various types of shoots does not begin and end synchronously. The first growth wave begins in late April or early May and ends in mid-June. During this stage, large numbers of branching (fruiting) shoots are formed. In June, growth halts and a rest period begins. Vegetative buds emerge within leaf bases. Following a short-term rest period (about two weeks), some of the shoots of this type give a new apical growth, which ends in the second half of the summer. In late summer and autumn, some of the shoot buds on branching shoots grow in size several times thus differentiating into flower buds.

Unlike branching shoots, formation and replacement shoots emerge and/or continue their growth later and not synchronously, throughout the summer and autumn. Growth in shoots of these types stops because of the impact of low temperatures in autumn. Sometimes blueberry, especially late-ripening varieties, fails to lignify its new formation and replacement shoots or those that additionally grow in the autumn and freeze as a result of the first hard frosts [20]. In the second half of September, after night temperatures fall below 5° C,

leaf coloring begins. Leaf fall is observed in late September–first half of October, as a rule, after the first frosts.

The duration of leaf fall depends on weather conditions in the autumn. In warm and rainy weather leaf fall starts later and lasts longer. Leaves remain the longest at the top of the formation and replacement shoots. Leaves fall simultaneously when temperatures decrease gradually and significantly. After a sudden cold spell during a warm and rainy autumn frozen leaves remain on plants until mid-winter, as it happened in 2014.

**Impact of abiotic and biotic factors on the phenological development of blueberry cultivars.** The analysis of a decade's worth of data about the periods of the commencement of seasonal development stages in blueberry shows a substantial variability of phenological phenomena. In 2008, blossoming started on the 72nd day following the beginning of the vegetation stage, with the average air temperature of 6.8°C. In 2012, the air temperature averaged 14.6°C, and the blossoming stage began 2.6 times faster, on the 28th day of vegetation. Blueberry blossoming lasted 24 days in 2012, with the average air temperature of 14.3°C, whereas in 2007, when the average temperature reached 20.7°C, this phenological stage took only 11 days, 2.2 times faster. The cited data suggest that the commencement and duration of the phenological stages were contingent on the temperature conditions of the respective season. The phenological development of blueberry took longer in cold weather and was a lot

faster in warm and sunny weather, when phenological stages began and ended earlier. In order to estimate the degree of dependence of the duration of the main seasonal development stages in blueberry on ambient temperatures we calculated pair correlation rates ( $r$ ) (Table 5).

The findings show that the ambient temperature and duration of phenological development stages are in the inverse proportion — the higher the temperature, the shorter the phenological stage. During the vegetation stage, this proportion is manifested in varying degrees. High correlation dependence is observed for the spring development stages — “beginning of vegetation–beginning of blossoming” ( $r=-0.90 - -0.93$ ) and “blossoming” ( $r=-0.80 - -0.88$ ). The high correlation dependence of the duration of the spring development stages in blueberry on the temperature factor can be attributed to the fact that during that vegetation stage, ambient temperatures were changing with high amplitude (6.5-13.5°C and 12.9- 22.7°C) and significant fluctuations produced a profound impact on the phenological development of blueberry.

Correlation dependence proved to be lower for the summer development stages. The correlation between the duration of the fruit growth stage and air temperatures is virtually non-existent ( $r=-0.17-0.28$ ), apparently, for the same reason — air temperature remained relatively high, and fluctuations were less significant (16.2-20.0°C). This is indirectly evidenced by the insignificant variability of the duration of fruit growth stages by years: 32–38 days for early-ripening varieties, 36–41 days for mid-ripening breeds, and 41–54 days for late-ripening cultivars.

A moderate correlation relationship is observed between the duration of the fruit ripening stage in blueberry and the ambient temperature ( $r=-0.50 - -0.15$ ), mostly due to the fact that other factors affect the duration of the ripening phase as well. The track record of growing blueberries and many years of observation of fruit bearing show that the rate of fruit ripening depends on the yield, which is evidenced by the strong positive correlation between the yield and duration of the fruit bearing stage in most blueberry cultivars (Table 6).

Table 5

**The dependence of the average length of the main phases of phenological development of blueberries from the average daily air temperature**

Development phase	Year	Early ripening		Middle ripening		Late ripening	
		duration, day	t of air, °C	duration, day	t of air, °C	duration, day	t of air, °C
Beginning the growing season – beginning of flowering	2006	36±3	11.0	40±2	10.0	42±2	10.6
	2007	55±2	7.0	56±2	8.3	56±2	8.3
	2008	59±7	6.5	66±4	6.8	62±6	8.3
	2009	52±4	10.0	54±3	10.1	53±3	10.1
	2010	44±2	9.8	45±1	9.8	46±2	11.0
	2011	36±4	10.3	41±4	10.3	43±4	10.3
	2012	27±3	12.9	26±1	12.9	29±3	12.9
	2013	27±1	13.5	28±1	13.5	31±1	13.5
	2014	46±4	8.2	49±5	8.3	54±3	8.7
	2015	70±2	7.2	73±2	7.2	78±1	7.8
	<b>average</b>	<b>45±9</b>	<b>9.6±1.6</b>	<b>48±10</b>	<b>9.7±1.5</b>	<b>49±10</b>	<b>10.2±1.3</b>
<b>r</b>		<b>-0.90*</b>		<b>-0.93*</b>		<b>-0.92*</b>	
Bloom	2006	24±3	12.9	24±1	12.9	20±3	16.6
	2007	12±1	20.7	13±2	22.7	10±1	22.7
	2008	21±1	13.3	22±4	15.7	25±2	15.3
	2009	24±3	13.0	20±3	14.8	23±2	14.8
	2010	16±2	15.0	18±2	16.5	19±2	16.5
	2011	18±3	20.2	17±2	20.6	18±3	20.6
	2012	24±2	14.4	23±4	14.6	24±3	14.6
	2013	17±2	18.7	17±2	17.1	16±2	17.0
	2014	20±4	13.0	20±5	17.0	18±2	16.8
	2015	26±2	13.6	26±2	14.9	24±1	14.9
	<b>average</b>	<b>20±3</b>	<b>15.5±2.1</b>	<b>20±3</b>	<b>16.7±2.0</b>	<b>20±3</b>	<b>17.0±1.8</b>
<b>r</b>		<b>-0.80*</b>		<b>-0.85*</b>		<b>-0.88*</b>	
End of flowering – the beginning of ripening	2006	36±4	20.0	40±5	19.9	54±11	19.4
	2007	36±4	18.5	39±5	18.5	50±3	18.5
	2008	37±2	17.1	43±2	17.4	43±3	16.7
	2009	34±5	17.0	41±3	18.0	42±3	18.2
	2010	37±3	18.4	40±3	18.8	45±6	19.9
	2011	34±2	18.5	40±2	18.5	41±7	18.6
	2012	34±4	16.2	38±2	17.4	44±7	18.4
	2013	33±4	18.5	40±3	18.5	48±7	18.4
	2014	38±3	17.1	41±3	16.7	48±5	17.9

	2015	32±2	18.0	36±1	18.1	51±2	18.2
	<b>average</b>	<b>35±1</b>	<b>17.9±0.7</b>	<b>40±1</b>	<b>18.2±0.6</b>	<b>47±3</b>	<b>18.4±0.6</b>
r		-0.03		-0.17		0.28	
Ripening	2006	27±6	18.9	29±6	18.7	36±8	17.0
	2007	29±4	19.4	30±2	19.4	39±8	17.9
	2008	34±5	18.8	35±5	18.5	42±5	18.8
	2009	35±4	18.5	36±2	17.6	44±7	16.2
	2010	25±3	22.1	32±1	22.9	42±4	16.5
	2011	36±8	20.7	24±4	18.5	39±6	17.8
	2012	40±6	19.7	36±7	18.4	47±9	17.7
	2013	41±5	18.3	39±9	18.0	47±8	18.3
	2014	25±4	20.5	30±7	20.6	38±8	22.0
	2015	41±6	19.4	41±3	19.2	45±6	18.8
	<b>average</b>	<b>33±4</b>	<b>19.6±0.8</b>	<b>33±3</b>	<b>19.2±1.0</b>	<b>42±3</b>	<b>18.1±1.1</b>
r		-0.50		-0.22		-0.15	

\*- a statistically significant correlation

Table 6

**The dependence of the duration of the phase of fruit ripening (upper number, day) from yield cultivars of blueberries (lower number, kg/plant)**

Cultivar	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	r
Bluecrop	30	32	37	37	32	20	36	39	22	39	0.72*
	2.1	2.8	1.5	2.3	2.4	0.7	3.9	4.5	1.5	3.1	
Blueray	22	36	31	39	26	17	35	25	32	31	0.78*
	1.6	2.0	1.8	3.7	1.5	1.2	2.3	1.7	1.7	2.0	
Bluerose	24	36	37	50	35	38	39	43	43	49	0.47
	0.1	0.6	0.6	0.8	0.6	0.2	1.1	0.2	0.3	0.9	
Bluetta	38	31	29	29	30	39	41	49	21	39	0.86*
	1.9	2.1	1.8	2.8	2.1	2.9	3.8	4.6	0.6	4.3	
Carolinablue	20	25	30	28	44	38	39	47	51	49	0.43
	0.1	0.6	0.2	0.3	0.5	0.2	0.3	0.2	0.5	0.7	
Coville	41	53	48	48	51	52	75	62	57	60	0.03
	1.9	2.7	2.1	2.4	2.5	0.9	2.2	2.4	1.1	1.7	
Croatan	33	37	36	36	26	27	36	44	29	35	0.81*
	1.0	1.6	2.6	1.9	1.0	0.1	1.4	4.0	0.4	3.5	
Darrow	31	42	50	53	46	54	52	49	39	52	0.65*
	1.0	1.2	2.0	2.1	1.1	1.3	1.6	2.2	0.8	1.5	
Denise Blue	40	30	39	46	34	33	53	56	45	46	0.59
	3.5	4.0	3.1	3.9	2.8	3.5	7.9	4.4	3.1	5.2	
Duke	21	26	30	32	23	28	53	47	33	35	0.90*
	1.4	0.9	1.3	2.1	2.1	1.1	5.7	6.0	1.8	3.7	
Earliblue	22	34	26	31	23	21	26	31	25	30	0.77*
	1.4	2.7	1.1	3.6	1.5	1.1	2.7	2.3	1.1	3.2	
Elizabeth	56	58	45	45	40	44	39	55	45	48	0.75*
	3.5	5.0	3.8	3.5	2.0	1.6	0.8	3.6	0.7	3.0	
Hardyblue	29	32	33	33	31	21	35	41	30	43	0.70*
	1.9	2.7	2.7	3.0	1.1	0.3	1.9	2.8	1.5	2.4	
Herbert	24	32	45	53	36	30	35	35	27	40	0.70*
	2.3	1.3	3.2	3.7	0.9	1.4	2.3	2.1	1.1	1.7	
Jersey	42	27	38	34	40	30	61	57	45	34	0.39
	4.5	2.8	3.8	3.6	4.9	2.4	4.4	3.9	1.3	1.5	
Nelson	45	42	50	50	40	40	50	58	28	50	0.69*
	0.3	0.9	1.1	1.2	0.9	0.5	0.7	3.5	0.2	3.2	
Northblue	29	21	26	41	19	57	37	46	17	45	0.89*
	3.4	0.5	0.8	6.9	0.6	7.8	2.6	4.5	0.4	8.9	
Northcountry	22	20	35	41	21	51	36	49	17	43	0.91*
	2.3	1.7	1.1	5.1	1.4	7.9	4.8	7.6	0.5	5.5	
Northland	17	26	25	36	31	20	21	21	22	35	0.57
	2.7	3.0	3.0	4.5	2.6	2.2	1.5	2.2	1.5	2.3	
Patriot	33	20	30	37	33	40	48	45	28	55	0.87*

	3.7	0.6	4.5	4.9	3.8	3.0	6.4	4.8	1.3	6.7	
Reka	30	29	29	27	25	40	31	34	32	36	0.57
	2.3	2.1	2.2	1.7	1.5	2.9	1.3	1.7	1.6	2.1	
Rubel	32	55	40	53	48	37	50	31	28	35	0.87*
	4.7	8.0	4.3	8.1	4.3	4.4	7.8	2.3	3.1	4.3	
Weymouth	40	30	46	45	28	23	49	28	26	56	0.83*
	3.3	2.6	8.0	6.8	4.5	3.6	5.4	3.0	2.0	13.0	

According to findings, the higher the yield, the longer the fruit ripening period. Therefore, correlation is higher in early- and mid-ripening varieties, compared to late-ripening cultivars ('Bluerose', 'Carolinablue', 'Coville', 'Jersey'), probably because the fruit ripening stage in late-ripening cultivars ends in early autumn, at lower air temperatures in comparison with the summer period.

The correlation analysis between the main phenological development stages of blueberry presented in Table 4 points to the weak correlation 1) between the duration of the period from the beginning of vegetation to the commencement of blossoming and blossoming itself ( $r=-0.35$ ), 2) between the duration of the blossoming stage and the fruit growth stage ( $r=-0.30$ ), 3) between the duration of the fruit growth stage and the ripening stage ( $r=0.42$ ). The first and second correlations indicate that the blossoming stage in early-ripening blueberry cultivars is longer than in late-ripening cultivars, because the blossoming of early-ripening blueberry cultivars takes place earlier than in late-ripening cultivars, at lower ambient temperatures. Blossoming of late-ripening cultivars normally takes place later, when temperatures get higher, and this phenological stage takes less time. The third, positive correlation implies that the blueberry cultivars with shorter growth and fruit formation periods, i.e. early-ripening varieties, have shorter fruit-ripening periods. There are two reasons for this: the first one is higher temperatures during the fruit ripening stage of early-ripening varieties; and the second one is the fact that fruit ripening in early-ripening cultivars is more intensive than in late-ripening breeds. This is indirectly evidenced by the fact that fruit in early-ripening cultivars begins ripening 30 to 38 days after blossoming, whereas for late-ripening varieties, the period is 40 to 55 days.

The analysis of literature shows that some researchers also point to the dependence of the duration of the phenological development stages in highbush blueberry on temperature seasonal conditions; however, they do not provide supporting evidence [5, 6, 8]. Only K. Scibisz [21] notes that hot weather during the blossoming stage reduces its duration. According to the author, the increase in the ambient temperature by 1°C facilitates a reduction in the fruit growth period and brings the ripening stage five days closer. According to our findings, in years with higher air temperatures fruit began ripening earlier; however, there was no apparent correlation. In 2006 and 2009, the difference at the beginning of the ripening stage was six days (45 and 39 days, respectively), at the same average daily temperature of 19.3°C. In 2008, blueberry fruit began ripening 39 days after blossoming at the average temperature of 17.4°C, same as in 2009, when the average temperature was higher, at 19.3°C. It looks like the duration of the

fruit ripening stage depends not only on the yield load, but also on other factors that have not been accounted for (leafage level, etc.)

### Conclusions

The calendar period for the commencement of vegetation and duration of the seasonal development stages in blueberry cultivars significantly vary from year to year depending on the ambient temperature. The temperature dependence of the phenological development of blueberry cultivars throughout the vegetation period is manifested in different ways. An increase in temperatures in the spring results in a proven acceleration of the seasonal development of blueberry and, consequently, shorter phenological stages. Changes in the ambient temperatures in the summer have a markedly weaker impact on the rate of phenological development in blueberry.

In most of the blueberry cultivars, a strong positive correlation has been observed between the yield and duration of the fruit ripening stage, i.e. the higher the yield, the longer the fruit ripening stage. In early- and mid-ripening blueberry varieties this correlation is higher than in late-ripening cultivars.

The climatic conditions of the central agro-climatic region of Belarus ensure the complete seasonal development cycle in highbush blueberry cultivars of the entire crop range. Only in some years (one in five) a small proportion of the crop (<20%) fails to ripen in late-ripening 'Coville' and 'Elizabeth' cultivars.

### Literature cited

1. Vavilov N.I. Selected works. Volume 5. Origin, geography, genetics, selection of plants, crop production, and agronomy / N.I. Vavilov. Moscow, Leningrad, Russia. - 1965. - 786 p. [In Russian]
2. Ripa A.K. Highbush blueberry / A.K. Ripa, V.F. Kolomytseva, B.A. Audrinia // American cranberry, highbush blueberry, cowberry. Zinatne, Riga, Latvia. - 1992. - P. 121–150. [In Russian]
3. Sterne D. Preliminary observations of phenology development, yield and yield quality of some highbush blueberry cultivars in Latvia / D. Sterne, M. Liepniece // Research for Rural Development. - 2010. - № 1. - P. 60-64.
4. Cichoncka E. Borowka wysoka / E. Cichoncka, R. Dzieciol, J. Karwowski, K. Pliszka, K. Scibisz, S. Zakowicz. Rolnicze i Lesne, Warszawa, Poland. - 2002. - 156 p. [In Polish]
5. Shlapak W.P. Individuality passage of phenological phases of introduced cultivars of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) under the right-bank Ukraine forest-steppe / W.P. Shlapak, A.F. Balabak, A.A. Pijanova // Proceedings of Agricultural Academy of Ukraine. - 2013. - № 11. - P. 93-96. [In Ukrainian]

6. Briksin D.M. Peculiarities of highbush blueberry development rhythms in conditions of the Central Black Earth Region / D.M. Briksin // Intensification of fruit growing in Belarus: traditions, achievements, prospects. Samokhvalovich, Belarus. - 2010. - P. 91-92. [In Russian]
7. Konobeyeva A.B. Cowberry in the Central Black Earth Region / A.B. Konobeyeva. Michurinsk, Russia. - 2007. - 230 p. [In Russian]
8. Danilova I.A. Introduction of North American mooseberry and highbush blueberry at the Main Moscow Botanical Garden of the Academy of Sciences of the USSR / I.A. Danilova // Bilberry in the USSR: Resources, introduction, selection. Nauka, Novosibirsk, Russia. - 1990. - P. 175-183. [In Russian]
9. Kurlovich T.V. Blueberry phenology (*Vaccinium × covilleatum*) in Belarusian Polesye / T.V. Kurlovich // Journal of the National Academy of Sciences of Belarus. 1999. - № 4. - P. 10-12. [In Russian]
10. Rupasova Zh.A. Highbush blueberry: assessment of the adaptive potential for the introduction in Belarus / Zh.A. Rupasova, V.N. Reshetnikov, N.N. Ruban, V.A. Ignatenko, A.P. Yakovlev, F.S. Pyatnitsa. Belorusskaya nauka, Minsk, Belarus. - 2007. - 442 p. [In Russian]
11. Yurkevich I.D., D.S. Golod, E.P. Yaroshevich, Phenological studies of trees and herbs (handbook). Nauka i tekhnika, Minsk, Belarus. - 1980. - 88 p. [In Russian].
12. Blueberry. Growth stages table [Electronic resource] // Extension. Michigan State University. - Mode of access: [http://msue.anr.msu.edu/topic/blueberries/growing\\_blueberries/growth\\_stages\\_table](http://msue.anr.msu.edu/topic/blueberries/growing_blueberries/growth_stages_table). - Date of access: 21.02.2016.
13. Mazurenko M.T. Erica bushes of the Far East / M.T. Mazurenko. Nauka, Moscow, Russia. - 1982. - 182 p. [In Russian]
14. Chakhovsky A.A. Results and prospects of the introduction of *Lonicera* L. in Belarus / A.A. Chakhovsky, E.I. Orlyonok // Introduction of plants. Nauka i tekhnika, Minsk, Belarus. - 1976. - P. 123 -130. [In Russian]
15. Lyrene P.M. Blueberry Breeding / P.M. Lyrene, J.N. Moore // Blueberries for Growers, Gardeners, Promoters. E.O. Printer Printing Company, Inc. Florida. - 2006. - P. 38 -48.
16. Eck P. Blueberry / P. Eck // Handbook of Fruit Set and Development. S.P. Monselise (ed.) CRC Press, Boca Raton, Florida. - 1986. - P. 75 -85.
17. Maust B.E. Flower bud density and effects vegetative and fruit development in field - grown southern highbush blueberry / B.E. Maust, J.G. Williamson, R.L. Darnell // HortScience. - 1999. - № 34. - P. 607-610.
18. Forsyth F.R. Ethylene production with accompanying respiration rates from the time of blossoming to fruit maturity in three *Vaccinium* species/ F.R. Forsyth, I.V. Hall // Nat. Can. - 1969. - № 96. - P. 257 - 259.
19. Birkhold K.T. Carbon and nitrogen economy of developing rabbiteye blueberry fruit / K.T. Birkhold, K.E. Koch, R.L. Darnell // Journal American Soc. Hort. Sci. - 1992. - № 117. - P. 139-145.
20. Pavlovski N.B. Resistance to early winter frosts in blueberry cultivars introduced in Belarus / N.B. Pavlovski // Fruit farming. - 2014. - № 26. - P. 248 -255. [In Russian]
21. Scibisz K. Fizjologiczne podstawy dojrzewania i zbioru owocow borowki wysokiej / K. Scibisz // Pryrodnicze uwarunkowania uprawy borowki wysokiej (*Vaccinium corymbosum* L.). Tom IV, T. Krupa (Ed.) Drukarnia GREG, Warszawa, Poland. 2013. - P. 99-104. [In Polish]

## ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

**Petrenko Olga,**

Regional Institut für postgraduale Bildung,

Kandidat der Kunstwissenschaft

Ukraine, Stadt Nikolaev

### KUNST UND KULTUR DIE SAKRALSYMBOLIK IN LITURGISCHEN LIEDERN DER UKRAINISCHEN TRADITION DER 17.-18. JH.

**Annotation.** In dem Artikel „Die Sakralsymbolik in liturgischen Liedern der ukrainischen Tradition der 17.-18. Jh.“ handelt es sich über die Natur der Symbolik in der Gesangkultur. Es werden verschiedene Verkörperungsebenen der Sakralsymbole betrachtet, sowie die Herkunft und die Interpretationseigenarten von ihnen in der Kirchenpraxis. Es werden die Beispiele von der Kirchenmonodie analysiert, sowie die Liturgien von den Komponisten M. S. Beresowskij und D. S. Bortnjanskij.

**Schlüsselwörter:** das Symbol, die Sakralsymbolik, die Exegese, liturgische Lieder (Hymne), der Kirchentonteiler.

Die ukrainische Musikwissenschaft bereicherte sich in den letzten Jahrzehnten mit wissenschaftlichen Entwicklungsarbeiten, in denen die Probleme der Interpretation der Gestalten, Zeichen, der Systeme des künstlerischen Denkens in der Kirchengesangkultur aufgerollt waren. Im wissenschaftlichen Nachlass von W. F. Iwanow wurde bedeutende Aufmerksamkeit den Problemen der Interpretation der liturgischen Hymnen, dem Zeichencharakter von ihnen gewidmet [1, 154 – 175]. Der semiotische Ansatz zu Ursprüngen der altkiewer Snamennyj-Notation wurde in der vorletzten Monographie vom Wissenschaftler mit dem Titel „Die altrussische Snamennyj Gesangssprache“ angewandt [2], wo der Autor die Etymologie der Krjuki-Notation mittels der Methode des Vergleichs der archäologischen Quellen von alten Urethnien begründet. Die Betrachtungen von Wissenschaftlern für verschiedene Wissensgebiete an Kult- und Ritualtraditionen bezeugen, dass die Symbolik ein Übertragungsmittel der heiligen Sinne ist. Das Ziel dieses Artikels ist die Interpretationseigenarten der Sakralsymbole in liturgischen Liedern (Hymnen) der ukrainischen Kirchengesangstradition der 17.-18. Jh. zu behandeln.

Die Aufgabe des Artikels ist:

- die Bedeutung des Begriffs „die Sakralsymbolik“ im Verhältnis zu seinem theologisch-liturgischen und musikwissenschaftlich-textkritischen Verständnis aufzuklären;
- die typologischen Züge der Sakralsymbolikinterpretationen in geistlichen Liedern der 17.-18. Jh. festzustellen.

Als Forschungsmaterial für das Schreiben des Artikels dienen die Notentexte des liturgischen Gottesdienstes, die in ukrainischen handschriftlichen Irmologien der 17.-18. Jh. vorhanden sind und den Traditionen der postbyzantinischen Sakralmonodie nachfolgen (die Quellen sind im Handschriftenzimmer der W.-Wernadskij-Nationalbibliothek der Ukraine, Kiew; der Wissenschaftlichen W.-Stefanyk-Nationalbibliothek, Lwiw; der Russischen Staatsbibliothek, Moskau, die Russische Föderation), sowie die Notenausgaben mit liturgischen Werken von den Komponisten der zweiten

Hälfte des 18. Jhs. M. S. Beresowskij und D. S. Bortnjanskij.

Die Bedeutungswörterbücher definieren den Begriff das Symbol (griech. symbolon – „das Zeichen, das Merkmal“) als Gestalt oder Objekt, die eine eigene Bedeutung haben und gleichzeitig eine andere Bedeutung in einer undetaillierten Form darstellen. Darin vereinigen sich zwei Realitäten, wo eine durch eine andere geäußert wird. Der christliche Symbolismus ist eine allegorische Deutung von Grundlagen der christlichen Glaubenslehre, die an Innenwelt des Menschen appelliert, das Prinzip der Übergabe des Sakralwissens. Die Exegese ist eine Art der Geisteserkenntnis der Sakralsinne und deren Symbole. Der Kirchengesang wird in der liturgischen Praxis als eine der Exegesearten festgestellt, wenn „*sensus litteralis*“ (durch Buchstaben erzeugter Sinn) verwandelt sich in „*sensus spiritualis*“ (geistiger Sinn).

Bei der Erörterung des Terminus *die Sakralsymbolik* in ihrem liturgischen Kontext stößt die Theologie auf einige Schwierigkeiten, obwohl das eine traditionelle Frage ist. Wie der berühmte Theologe des 20. Jhs. A. Schmemmann zeugt, entstanden zwei Traditionen der symbolischen Deutung von liturgischer Handlung in östlicher Patristik der ersten Jahrhunderte des Christentums, die repräsentative und die geistige (*mysteriologische*), die entsprechend mit der Alexandrinischen Schule und der Antiochenischen Schule verbunden sind. Das Ziel des *repräsentativen* Symbolismus der Liturgie waren katechetische Belehrungen der Neophyten, um sie auf die Taufe vorzubereiten. Der *geistige* („*mysteriologische*“) Symbolismus wurde als Entdeckung der Hinter Sinne des Sakramentes verstanden, das für die treuen Christen vorherbestimmt war, die eine andere Realität fühlen können – verborgene, aber zugleich in sichtbaren Zeichen und Riten der Liturgie anwesende. Mit einer Berufung auf den byzantinischen Theologen des 7. Jhs. St. Maximus Confessor (und zwar auf seinen Traktat „Mystagogie“) betont A. Schmemmann, dass von diesem Werk „die Festigung des Symbolismus als Form und Geist der byzantinischen Liturgie und als einzelner Schlüssel zum ihren Verständnis“ [3] vorbereitet

wurde. Das Vorhandensein von verschiedenen Standpunkten auf die Symbolik der liturgischen Handlung, die im Frühmittelalter gestaltet wurden, zeugen von der Möglichkeit der verschiedenen Einstellungen zu ihrer Interpretation, dass ontologisch von grundlegender Unähnlichkeit zwischen dem Zeichen und seiner Bedeutung bedingt ist und dem dualistischen Charakter des Symbols entspricht.

Im Kontext der kunstwissenschaftlichen Problematik ist es zweckmäßig den Terminus *die Sakralsymbolik* zu betrachten, in Anknüpfung an verschiedene Verständnisebenen, – dogmatische, liturgische und interpretative, – die mit der Kirchengesangspraxis verbunden sind.

Erstens tritt das System der konventionellen Begriffe als Symbole im theologischen Aspekt hervor. Diese konventionellen Begriffe spiegeln Hauptglaubenssätze der christlichen Kirche wider: die Lehre über die Trinität, über Christus – Messias, über die Mutter Gottes, über die Engel, über die Antinomien „des Irdischen“ und „des Himmlischen“, „des Schuldigen“ und „des Heiligen“, „der Hölle“ und „des Paradieses“ usw.

Zweitens gewinnt der Begriff der Eucharistie als göttliches Opfer eine symbolische Bedeutung im *liturgischen* Kontext. Die Eucharistie spielt eine Rolle des *Metasymbols* der Handlung (dies nennt A. Schmemmann „den eschatologischen Symbolismus“ [3]). Um dieses Hauptkernstück herum findet die *Gottesdiensthaltung* statt, – der Gebetsprozess, dessen Liederkodex den bestimmten gottesdienstlichen Funktionen entspricht. Die feierliche Erhabenheit, die verstärkten Frömmigkeit und Dankbarkeit sind bildlich-emotionale Verkörperungen des geistigen Zustandes von Betern, und die Lieder, die diese Gefühle verkörpern, bekommen feste semantische Anzeichen. I. Gardner klassifiziert sie als doxologische (feierliche), eucharistische (dankbare), euchologische (gebetkonzentrierte) [4, 63]. Solcher *zusammengefasste Symbolismus* spiegelt die Sakralsinne als Äußerungen von verschiedenem Frömmigkeitsinhalt wider.

Drittens versteht sich die Liturgie als *Gesanginterpretation* des kanonischen Textes mit seinen festen Sakralbedeutungen und jeweiliger Symbolik (die Finalvariante der byzantinischen Liturgie wurde, anerkanntermaßen, von dem Ökumenischen Patriarch Philotheos Kokkinos im 14. Jh. geschaffen; die wurde in der slawischen Übersetzung in die Rus von dem Metropolit Kiprian im 15. Jh. gebracht). Seit Jahrhunderten bekam der kanonische Text zahlreiche Gesangsvarianten, in denen sakrale Begriffe, Gestalten, Sinne seitens der Interpreten – zahlreichen bekannten und unbekannt Sängern, Hymnikern – symbolisch zusammengefasst wurden, was zur Entstehung der *Gesangssymbole* führte. Die intonatorisch-bildliche Interpretation des kanonischen Wortes bekam verschiedene Nuancen hinsichtlich dessen Äußerung mittels der Musiksprache, dessen raumzeitlichen und kompositorischen Organisation usw.

Wollen wir die Interpretationseigenarten der Sakralsymbolik hinsichtlich bezeichneter Ebenen auf

konkreten Beispielen erörtern.

Eine der Voraussetzungen für die Verkörperung der dogmatischen Symbolik in liturgischen Liedern der 17.-18. Jh. ist die mittelalterliche Tonartbasis der Sakralmonodie – der Kirchentonleiter. Im „Lexikon der Termini und Wörter des ukrainischen Kirchengesanges“, verfasst von W. F. Iwanow, wird es erläutert:

„Der Kirchentonleiter ist eine diatonische Tonart, gebildet auf dem System der Zustimmungen („niedrige“, „düstere“, „heitere“ und „heiterste“), jede von denen bestand aus drei Tönen, die einen ganzen Ton voneinander entfernt lagen. Zwischen den Zustimmungen entstand das Intervall der kleinen Sekunde (der Halbton)“ [5, 238]. Wie es man sehen kann, verkörperten die Zustimmungspaare des Kirchentonleiters („niedrige“, „düstere“, „heitere“ und „heiterste“) allegorische Antinomien der christlichen Weltanschauung: „das Untere“ – „das Obere“, „die Finsternis“ – „das Licht“, „die Hölle“ – „das Paradies“, „das Schuldige“ – „das Heilige“ usw. Der gegebene Tonleiter wurde in alten Notenschriften nicht von ungefähr graphisch in der Form der „Treppe zum Paradies“ dargestellt, als Symbol des Seelenaufstiegs vom Irdischen zum Himmlischen (in Analogie zum literarischen und theologischen Werk „Treppe zum Paradies“ von Johannes Klimakos über die Wege der geistigen Vervollkommnung des Menschen). Das Zeugnis davon ist die Darstellung im Vorwort von Stepan Smolenskij (Ende des 19. Jhs.) zum „Notenschrift des Snamennyj-Gesanges“ von Alexander Mesenets (16. Jh.), das späteste Lehrwerk von solchem Typ. Aufgrund der Beobachtungen an Tonartenarten der Snamennyj-Notation prüft die gegenwärtige Forscherin I. Tschishyck die semantische Bedeutung des Kirchentonleiters, der „die Funktion des semantischen Organisators des Tonraums in der Snamennyj-Hymnographie erfüllt, hinsichtlich der Symbole und Bedeutungen der Gestalten, Religions- und Ethikkategorien in sakralen Texten der christlichen Liturgik“ [6, 162]. Das Tonartmodell der gefestigten Kirchentradition in seiner Sinn- und Bedeutungsfunktion ist besonders in umfassenden liturgischen Hymnen merklich («Херувимська», «Да исправится молитва моя», «Вкусите и увидите яко благ Господь»). Zum Beispiel befinden sich die ersten Melodiezeilen («Же херувими тайно образуем») im „Cherubikon“ des Kiewer Gesanges [s. das Notenbeispiel: 4, 72, Handschrift MW (MB)-41, Bl. 7 – 9, Nationalbibliothek, Lwiw] im Rahmen der „düsteren“ Zustimmung (es geht um die Gläubigen, die sich bemühen, den Engeln beizukommen). Allmählich entwickelt sich die Melodie zum weiteren Ambitus und geht in die „heitere“ Zustimmung über, als es um Befreiung der Gläubigen vom Irdischen handelt («Всякую ныне житейскую отверзем печаль»). Die ähnliche allegorische Interpretation der Tonartorganisation vom „Cherubikon“ findet man in vielen Manuskripten (BA (BA)-14, Bl. 6 – 11; ND (ND)-103, Bl. 5-11, ON (ON)-51, Bl. 8 – 9, Nationalbibliothek, Lwiw), sowie in der ersten ukrainischen Notendruckausgabe, dem „Irmologion“ (1700, Lwiw), was für die Beständigkeit der Traditionen des symbolischen Verständnis des musikalischen Raums spricht.



Die Interpretation des Kirchentonleiters als Tonart mit der differenzierten Tonhöhe wurde von der monodischen Tradition nicht erschöpft, sondern bekam neue Züge in der homophon-harmonischen Mehrstimmigkeit. Der hervorragende Vertreter der Inlandskirchenmusik zweiter Hälfte des 18. Jhs. M. S. Beresowskij entwickelt künstlerische Konzeption der „Liturgie des heiligen Johannes Chrysostomos“ (geschrieben zwischen 1768, 1769 und 1774), indem er die modale und tonale Logik aufgrund der Verhältnisse der zusammengeschlossenen Tetrachorde des Kirchentonleiters synthetisiert. Die allgemeine Konzeption der „Liturgie“ von M. S. Beresowskij bildet sich auf die Verkörperung der Idee des Aufstiegs der Kirche zu dem Mahl Christi. Der modale und tonale Aufbau des ganzen Zyklus und seiner Teile schafft die Semantik des unentwegten Aufstiegs (die Modi der Tonart werden in reinen Quartan hinauf aufgestellt), was sich dem Verhältnis der Zustimmungen des Kirchentonleiters (der „niedrigen“, „düsteren“, „heiteren“ und „heitersten“) unterordnet. So ist der Teil in Nr. 1 «Слова Отцу и Сыну» in A-Dur, der Teil «Единородный Сыне» – in D-Dur, «Смертию смерть поправый» – in G-Dur, «Спрославляемый Отцу и Сыну и Святому Духу» – in C-Dur. Gleichartig bildet sich der Tonartplan in Nr. 5 «Верую» (G-Dur, C-Dur, F-Dur), in Nr. 6 «Милость мира» (E-moll, G-Dur, C-Dur, F-Dur, s. Bände 1-15). Der gegebene Typ der Organisation des Tonart- und Harmonieraums wirkt auf verschiedenen Ebenen der musikalischen Form, was als Verkörperung des Metasymbols „der Allseligkeit Gottes“ wahrgenommen wird [7, 745]. Der Tonartplan des Werkes ist ein semantischer Raum, in dem die Tonalitäten, die in aufsteigenden Quartan aufgestellt sind: A-Dur, D-Dur, G-Dur, a-moll-(C-Dur), entsprechen den doxologischen und eucharistischen Gebeten und sind der Reihenfolge der Zustimmungen des Kirchentonleiters zugeordnet: «Слава: Единородный» (Nr. 1, A-Dur), «Иже херувими» (Nr. 3, D-Dur), «Верую» (Nr. 4), «Милость мира» (Nr. 6) und «Достойно есть» (Nr. 7) in G-Dur. Die *euchologischen* Gebete sind in Tonarten mit Erniedrigungszeichen komponiert: «Приидите, поклонимся», «Святой Боже» (F-dur, D-moll), Inbrünstige Ektenie «Господи, помилуй» (D-moll). Der Schlusschorgesang des Zyklus ist das wesentliche Vermächtnis Christi («Отче наш», Nr. 8) in a-moll (C-Dur), was man sich symbolisch als Bereich der „heitersten“ Zustimmung vorstellen kann.

Das wichtige Faktor der Interpretation des sakralen Inhalts nach seiner symbolischen Auffassung ist die Tonart in der dreistimmigen Liturgie von D. S. Bortnjanskij (geschrieben gegen 1804). Erstens sind alle sieben Nummern des Zyklus in Durtonarten komponiert (die Verkörperung „der Freude und Allseligkeit Gottes“). Zweitens entspricht die bestimmte Tonartsfärbung jeder Genregruppe der Hymne. So vereinigt der erste Zyklus die Lieder von der *Liturgie der Katechumenen* («Слава и ныне», C-dur) und der *Liturgie der Gläubigen* («Херувимская», «Верую», G-dur), der zweite – den *eucharistischen Kanon* («Тебе поем» F-dur, «Достойно есть» C-dur), *das Gebet des Herrn* («Отче наш» F-dur) und *Koinonikon* («Хвалите Господа с небес» F-dur), was

entsprechend die authentischen (im ersten Zyklus) und die plagalen (im zweiten) Tonartverhältnisse schafft, indem es die These über Symbolisierung des Tonarraums bestätigt.

Die typologisch flexibelste Ebene der Sakralsymbolikinterpretierung ist mit monodischer Gesangspraxis und ihren verschiedenen Traditionen verbunden, unter denen die Vielfalt der Varianten in Kiewer, bulgarischem, griechischem Gesänge und in vielen Ortsgesängen – Meshyhirja, Lutsk, Ostroh usw. – vorhanden ist.

Die Beobachtungen an Handschriften der Liturgien des Kiewer Gesanges (es wurden von uns zirka 50 beobachtet) zeugen von der Anwesenheit der festen melodischen Invariante des Kanons (Russische Staatsbibliothek, Rasumovskij-Bücherbestand, Nr. 90, 1654). Die gibt den vollständigen Liederkodex der Liturgie „à la Kiew“ an – Responsorien, Hymne, Kanons, sonntägliche Troparien, Hymne auf die Theotokos, Koinoniken, der Melodiebestand von denen aus dem bestimmten Kreis der kurzen Melodieformeln (*popewki*) besteht. Die Vergleiche dieses Textes mit anderen Handschriften zeugen von der Vielfalt der Kanonsinterpretierungen, in denen sogenannte „Seme“ (feste bildlich-semantische Formationen) distinktiert sind. Die Anwendung solcher festen semantischen Einheiten in verschiedenen Handschriften eine lange Zeit hindurch verleiht ihnen die Bedeutungen der Gesangssymbole. Die Entstehung von ihnen ist von verschiedenem Intonationscharakter und Wort-Melos-Verhältnis bedingt ist. Erstens gibt es einen festen Bestand der kurzen Melodieformeln in Liturgien „à la Kiew“, der sich auf ständige Übereinstimmungen den sprachlichen Begriffen stützt, was ihnen symbolische Bedeutungen verleiht. Zum Beispiel,

- ein Fragment vom „Cherubikon“ («трисвятую песнь припевающе») mit freiem Gesang;
- die Jubilationen im „Halleluja“, „Amen“;
- feierliche Ausrufe „Heilig, heilig, heilig ist Gott, der Herr Zebaoth“, mit denen das Sanctus und viele andere Hymne beginnen.

Zweitens wird eine Gruppe von Migrationsmusikformeln distinktiert, der Intonationsinhalt von denen durch rhetorische Verfahren der Textäußerung bedingt ist und an sogenannten „repräsentativen“ Symbolismus – gefußt auf Figuren der „kreisenden Bewegung“ („Circulatio“), Sequenzen („Gradatio“), fallende („Katabasis“) und steigende Melodiebewegung („Katabasis“) – erinnert.

Drittens sind zahlreiche Melodie- und Intonationsformeln, die auf Variabilität von Verhältnissen des kanonischen Wortes und Melos gebildet sind, mit Zügen des Symbols ausgestattet, deswegen haben sie keine ständige Übereinstimmung mit verbaler Bedeutung, sondern werden nur im Rahmen des bestimmten Hymnus mit jeweiliger Semantik verwendet. Als Beispiele dafür können die Wendungen des Eucharistischen Kanons angeführt sein, wo die steigende Melodieformel (im Rahmen der „phrygischen Terz“), die besondere Sammlung in der verantwortlichen Stunde der Sakralhandlung und seinen mystischen Sinn symbolisiert (der Anfang des Gesanges „Die Gnade der Welt“,

„Hosanna“ im „Cherubikon“, «Тебе поем»: Handschriften Russische Staatsbibliothek), eine dauerhafte Bedeutung bekommt.

Neben der symbolischen Auffassung einzelner verbalen Bedeutungen des liturgischen Textes in der ukrainischen Sakralmonodie fällt eine gegensätzliche Tendenz der *Desymbolisierung* im Rahmen des Motivs ins Auge, d. h. dessen Entziehung der gegenständlichen Konkretetheit und ständigen Übereinstimmungen von melodischen Formationen mit verbalen Bedeutungen. Auf solche Weise wurde freie Kombination des Bestands der kurzen Melodieformeln von Sängerinterpreten angewandt, die keine festen Verbindungen zwischen Melos und Wort vermittelte. Es ändern sich die Anfangs- sowie die Kadenzwendungen des einen oder des anderen Hymnus, und die weitere melodische Entwicklung überschreitet die Grenzen der festen Verbindungen zwischen Wort und Melodie. Die intonatorische Akzentuierung der wichtigsten Wörter, Phrasen, Syntagmen ist das melodische Relief, es tritt in den Hintergrund bei der Reprise und verkehrt. Man bekommt den Eindruck, dass die Meister sich zum Ziel nicht setzten, die Lieder nach festen semantischen Merkmalen zu schaffen. Sie gingen von Gegensätzlichem aus und nivellierten als wie eigens das Prinzip der intonatorischen „Bestimmung“ des Wortes als Basis sakraler Semantik, deren potenziellen Zeichencharakter und Symbolik. Wahrscheinlich wurden solche Prinzipien durch Ästhetik des Gleichgewichts in Gesangkunst bedingt. Solches Verhalten zu liturgischen Liedern zeugte von der besonderen Haltung zur alten Tradition, wenn der kanonische Text von unnötigen Akzentuierungen oder sinnigen Übertreibungen, d. h. von subjektivem Verhalten zu seinem Inhalt, nicht überladen wurde. Die musikalische und Gedichtform der Liturgie, deren Symbolismus wurden als unteilbare Formation vorgestellt, in der alle Details der Rede harmonisch vereinbart sind, alle Worte des Textes dem Sinne nach den gleichen Wert haben. Die Gleichwertigkeit aller Komponenten der verbalen Reihe galt als Merkmal der ästhetischen Qualität solches Liedes, als Merkmal dessen Kirchlichkeit, Geistigkeit, Frömmigkeit, wo zu „Individualisiertes“ der Auffassung der liturgischen Kunst widersprach. Der ähnliche Ansatz zur Interpretation des liturgischen Gesangkanons in seinem Verhältnis zu Konkretetheit des Wortes wird in Theologie als obengenannter „eschatologischer Symbolismus“ erläutert, der „jeden Unterschied zwischen dem Zeichen und der Bedeutung ablehnt“.

Die Entstehung der symbolischen Gestalten der Gesangtradition in Liturgien der 17.-18. Jh. ist an Etymologie, an Kommunikationsbedingungen, an Interpretierungstypen verschieden. Das künstlerische Resultat der Symbolinterpretierung war von dem Interpreten abhängig, auf der Ebene der liturgischen Handlung, des bestimmten Genres oder des einzelnen Wortes oder Phrase. Die Verkörperung der Symbolik im Bittgesang wurde von subjektiven Faktoren des Interpreten bedingt, und zwar von seinem Verhältnis zum Text und von seiner Auffassung der sakralen Handlung. In Handschriften der monodischen Tradition sind einige typo-

logische Züge hinsichtlich der Sakralsymbolikverkörperung zu bemerken. Die Symbolik in der Form der typischen Melodie- und Intonationsformationen ist für verschiedene Arten der Gottesdiensthaltung charakteristisch. Zum Beispiel ist das Grundsymbolisierungsmittel in doxologischen Liedern das deklamatorisch ausgesprochene Wort, eine bestimmte rhetorische Figur. In euchologischen Liedern werden fließende Melodieformationen symbolisch angenommen, die aus Traditionen des Snamennyj Gesanges stammen und nicht selten aus dem Bestand der *fitniki* (Bücher, die *fity* (=ein Typ konstanter Melodiefloskeln) darstellen und erklären) und *kokisniki* (Bücher, die einen anderen Typ konstanter Melodiefloskeln, *popewki* (*kokisy* auf Altslawisch) darstellen und erklären) entlehnt sind.

*Schlussfolgerungen.* Die Beobachtungen an Interpretationseigenarten der Sakralsymbolik lassen über den hohen Grad persönlicher Freiheit des Interpreten gegenüber den Kanon sprechen. Der ding-repräsentative, ding-begriffliche, zusammenfassend allegorische Symbolismus verkörpert sich mittels Objektivierungsmethoden: mittels der Tonart, Melodik, Harmonie, Tonalität, das heißt durch Tonhöhen- und assoziative Ebenen der Wahrnehmung von musikalischen Mitteln in ihrer raumzeitlichen Auffassung. Der Symbolismus vom Genre-Verallgemeinerung-Typ ist mit liturgischer Funktion des Hymnus verbunden, die Gebete werden durch unendlichen Sinnschaffungsprozess gekennzeichnet.

#### Literaturverzeichnis

1. Iwanow, W. F. 1997. „Spiwaz'ka oswita w Ukraini u XVIII st.“ [„Die Gesangsausbildung in der Ukraine im 18. Jh.“] Kiew: Musytschna Ukrajina: 290.
2. Iwanow, W. F. 2008. „Dawn'orus'ka snakowa spiwotscha mowa: Snakowa symwolika dawn-jorus'kogo zerkownogo spiwu.“ [„Die altrussische Snamennyj Gesangssprache“]. Mykolajiw: Wydawnnytwo „Schamraj“: 305.
3. Шмеман А. Символы и символизм византийской литургии: Литургические символы и их богословское истолкование. – URL: <http://www.shmeman.ru/modules/myarticles/article.php?storyid=90>. – Дата обращения – 22 февраля 2015 года.
4. Gardner, I. 2004. „Bogoslushebnoe penie Russkoj Prawoslawnoj Zerkwi.“ [„Der geistliche Gesang der russisch-orthodoxen Kirche“]. Moskau: PSTBI: 65-69.
5. Iwanow, W. F. 2007. „Slownyk terminiw i sliw ukrajins'kogo zerkownogo spiwu: Posibnyk-dowidnyk.“ [„Lexikon der Termini und Wörter des ukrainischen Kirchengesanges: Nachschlagewerk“]. Winnyzja: WMGO „Roswytok“: 238.
6. Tschishyk, I. 1999. „Symwolika prostoru w pispespiwach snamennogo rosspiwu. Die Raumsymbolik in Snamennyj Gesänge.“ *Mysteztwoslawstwo Ukrainy. Akademija mysteztw Ukrainy*: 158-164.
7. Skaballanowitsch, M. 1995. „Tolkowyj tipikon.“ [„Das erklärende Typikon“ ]1. Auflage. Moskau: „Palomnik“: 745.

**Shurdak M.I.**

postgraduate of the theory of music chair

The Tchaikovsky National

Music Academy of Ukraine

**Шурдак Марія Ігорівна,**

аспірант кафедри теорії музики

Національної музичної академії

України ім. П. І. Чайковського

**THE SONORANT TECHNIQUE OF COMPOSITION IN CHAMBER AND INSTRUMENTAL  
WORKS G. LIGETI – (an example cycle "Ten Pieces for Wind Quintet")  
СОНОРНА ТЕХНІКА КОМПОЗИЦІЇ В КАМЕРНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНІЙ ТВОРЧОСТІ  
Д. ЛІГЕТІ (на прикладі циклу «Десять п'єс для духового квінтету»)**

**Summary:** The article is devoted to research the sonorant technique of composition in the creation of Gyorgy Ligeti. In center of analysis was elected the cycle "Ten Pieces for Wind Quintet" as the best example of an embodiment of sonor technique of composition in the chamber-instrumental composer's creativity. Sonorant technique is sufficiently studied in theoretical musicology. However, the question of the composition techniques in the creativity of Gyorgy Ligeti has a little explored, that defines scientific novelty publication.

**Key words:** D. Ligeti, sonor, sonorant technique of composition, aleatoryka, unison.

**Анотація:** Стаття присвячена дослідженню сонорної техніки композиції у творчості Д. Лігеті В центрі аналізу обрано цикл «Десять п'єс для духового квінтету», як кращий приклад втілення сонорної техніки композиції у камерно-інструментальній творчості композитора. Сонорна техніка є досить дослідженою у теоретичному музикознавстві. Однак питання техніки композиції у творчості Д. Лігеті є мало дослідженим.

**Ключові слова:** Д. Лігеті, сонор, сонорна техніка композиції, алеаторика, унісон.

**Постановка проблеми.** Серед великої різноманітності стильових напрямків і композиторських технік в ХХ столітті стиль Д. Лігеті займає особливе місце. Для нього характерний дивовижний, багатовимірний синтез різного, із якого постійно народжується унікальний світ композитора, його власний, неповторний стиль. Показовим є те, що творчість Д. Лігеті можна завжди «впізнати», так як композитор звертається до одних і тих же технік композицій, але кожного разу по-новому їх втілює. Показовим стає те, як композитор працює з різними техніками композиції. Д. Лігеті працює з такими композиторськими техніками як сонорика, алеаторика та пуантілізм. Що ж стосується серіалізму та додекафонії, то композитор використовує лише деякі прийоми з цих технік, а у своєму звичайному вигляді з ними не працює. Для Д. Лігеті сонорна техніка зайняла одне з чільних місць, саме роботи з нею він присвятив більшу половину свого «композиторського» життя.

В своїй творчості Д. Лігеті звертається до всіх жанрів, найбільш відомими і дослідженими – сценічні твори, перш за все *Le Grand Macabre* – опера в двох діях (чотирьох картинах), (1974-77); *Aventures & Nouvelles Aventures* («Приключення і Нові приключення»), (1966); *Rondeau* (1976). Найбільш популярними є його симфонічні твори, із яких слід відмітити *Apparitions* (1958-1959); *Atmospheres* (1961); *Lontano* (1967); а також *San Francisco Polyphony* (1973-1974). Однак камерно-інструментальна творчість композитора, крім фортепіанних творів є практично мало дослідженою. Сонорна техніка, яка стала провідною у Д. Лігеті є теж недостатньо вивченою. Дослідження сонорної техніки композиції у циклі «Десять п'єс для

духового квінтету» Д. Лігеті обумовлюється актуальністю теми.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасному вітчизняному музикознавстві творчість Д. Лігеті представлена поодинокими роботами, серед них кандидатська дисертація О. Гармель «Феномен «чужого» тексту в сучасній музиці. Аспект неоміфологічних інтенцій художнього мислення» (2005); статтями В. Савченко «Камерный концерт Д. Лигети (к вопросу о синтезе в технике композиции)» (2005) та «Фортепианный концерт Д. Лигети: смысловые трансформации жанра» (2006). У зарубіжному музикознавстві творча постать Д. Лігеті більш досліджена, це монографія П. Гріффітса (P. Griffiths «Gyorgy Ligeti», 1983, 1997 друге видання), Р. Тупа (R. Тоор «Gyorgy Ligeti», 1999), Р. Штайніца (R. Steinitz, «Music of the Imagination», 2003), стаття Фрідемана Саллеса (Friedemann Sallis. *La transformation d'un heritage: Bagatelle op. 6 n 2 de Bela Bartok et Invencio pour piano de Gyorgy Ligeti*, 1997); збірник статей присвячений пам'яті Д. Лігеті під редакцією Л. Дучеснеу і В. Маркса («Gyorgy Ligeti Of foreign Lands and Strange Sounds», 2011); в Росії – захищена дисертація Р. Разгуляєва («Фортепианное творчество Дьёрдя Лигети: проблемы стиля и интерпретации» Нижній Новгород, 2006); також виданий збірник «Дьёрдь Лигети Личность и творчество» під редакцією Ю. Крейніної (1993).

**Метою статті** є спроба виявити особливості втілення сонорної техніки композиції у камерно-інструментальній творчості Д. Лігеті.

**Виклад основного матеріалу.** В камерно-інструментальній творчості композитора проявляються такі риси його мислення як вишуканість кожного елемента, камерність як поєднання солістів і, безумовно,

сонорність. Як відмічає Ю. Крейніна: «За своєю натурою Лігеті скоріше майстер камерної музики, якщо мати на увазі не кількість творів для оркестру, а їх реальне внутрішнє наповнення, де переважають прозорі ансамблеві епізоди і вишукано-витончені інструментальні соло...». [2, с. 110]

Цикл «Десять п'єс для духового квінтету» (1968) – твір, який поєднав у собі всі можливі для композитора засоби втілення сонорної техніки, продемонстрував вплив сонорних пластів, пуантилізму, роль вертикалі і кластерів. Одним із формотворчих принципів у циклі стає унісон-кластер, а також простежується вагомий вплив сонорної фактури (її різновиди) – кластерної вертикалі, лінійної фактури, рухомої горизонталі пластів, сонорних пластів.

Саме сонорика привносить в музичне мистецтво нове відчуття лінії і фактури. «Сонорика – це техніка композиції, яка оперує темброспівзвуччями як такими відповідно до їх специфічних іманентних закономірностей». [5, с. 385] Окремий звук в соноріці трансформується або в пласт, або в пляму. Звуковисотна диференціація максимально послаблена для кращого виявлення сонорності. Дискретний час перетворюється в континуальну поліпластовість. Традиційні функціональні відносини трансформуються в нову функціональність між унісоном і кластером. Окрім сонорної пластовості, в даній техніці важливим фактором стає не диференційованість звуків вертикалі (тобто «основні події» відбуваються на рівні сонорної плями чи сонорного пласту).

Сонорна техніка має різні градації: від мінімального до ортодоксального. Градації сонорних явищ вдало визначає О. Маклігін і виводить тріаду: колористика – сонорика – сонористика. І хоча дана класифікація не безперечна, за своєю природою вона постає дуже правильною. Так як в конкретній музичній практиці ми зустрічаємося, наприклад, з поодинокими прикладами використання кластерів. А з іншого боку, тотальною сонористикою пластів, як, наприклад, у творчості Пендеревського. Слід підкреслити, що встановити градації сонорності з точки зору висотної диференційованості стає складним завданням, так як суть самого явища базується на слуховому сприйнятті. Сонорика як зауважує Т. Кюрегян «перевела гармонічне мислення на якісно новий рівень, коли диференційована звуковисотність <...> розчиняється в єдиному барвистому звучанні». [3, с. 200]

Сонорність є якість звучання, де на перший план виступає саме звучання. Звуковий комплекс відчувається як цілий, невіддільний на слух, вертикаль та горизонталь якого набуває тембрового значення. Сонорність це явище комплексне, на нього впливають тембр, артикуляція, динаміка, метроритміка.

Ц. Когоутек розуміє алеаторику, як «...техніку композиції, в якій певна частина процесу створення музичного твору, що стосується роботи з різними елементами і параметрами музики, підпорядкована більш чи менш керованій випадковості». [1, с. 236]

Алеаторику композитор використовує тільки контрольовану, де звук представлений як точка і як лінія. Окремі риси додекафонії у Лігеті тісно взаємодіють з сонорикою і алеаторикою. Повертаючись до сонорики, то найкращим по звучанню сонорний ефект набуває при використанні секунд і мікроінтервалів. Перейдемо безпосередньо до аналізу втілення сонорної техніки у творі Д. Лігеті.

Цикл «Десять п'єс для духового квінтету» – твір зрілого (середнього) періоду композитора, це «енциклопедія сонорної техніки». Виконавський склад – флейта (Fl in Sol, Fl picc.), гобой (Ob d'amore, Cor. ingl.), кларнет (in B), валторна (in F), фагот.

У цьому циклі великого значення набуває концертність (п'єси з солістом і без нього).

Десять п'єс представляє собою цикл контрастних мініатюр і за тематизмом і за масштабами, і за темпами. Всі п'єси можна умовно поділити на «сонорні» і ритмічно-рухомі пуантилістичного складу. До першої групи можна віднести № 1, 3, 5, 6, 9, відповідно до другої – № 2, 4, 10. Це створює різні тематичні контрасти і співставлення, а також контраст різних елементів різних технік композицій. Кожна з п'єс представляє собою цілісну мініатюру. Об'єднання мініатюр складається в багатовимірний цикл п'єс. Стосовно форми, то все ж таки можна сказати, що в даному циклі переважає форма з двох розділів, яка тяжіє умовно до контрастної двочастинної.

Першу п'єсу композитор вирішує в сонорній техніці, яка так притаманна творам Лігеті 60-70-х років. Весь матеріал складається з окремих сонорних ліній, які створюють сонорний пласт, де цезурами є чи унісон, чи «випадково» утворений кластер. Композитор працює зі звукорядом. Загалом це створює розростання від досить вузького кластеру в першому такті (*es-a-f-g-h*), який поступовим секундовим рухом вгору приводить до досить широкого сонорного пласта в діапазоні півтори октави вкінці першої п'єси.

Сонорне відчуття поглиблює примхлива ритміка кожного з голосів коли, при відчутті постійного руху голоси не співпадають один з одним. Таке ритмічне неспівпадіння створює відчуття постійного руху сонорної маси.

В кульмінаційному розділі з'являється унісон, який стає акцентом, певною смисловою точкою для всього тематичного розвитку циклу. Покажемо і для цієї п'єси, і для стилю Лігеті стає те, що унісон *cis* двома поступовими рухами переходить в кластер *h-c-d*, який потім звукується до секунди *c-d*, якою закінчується п'єса. Підкреслимо, що ця мала секунда також відіграє значення лейткластеру в циклі. В останньому такті композитор написав для усіх інструментів гранд паузу, як обов'язковий смисловий акцент, без якого не буде логічного завершення цієї п'єси. Для композитора гранд пауза дуже важлива – це також музика, але музика тиші, а тиша в свою чергу – це одна із складової саме сонорної музики Д. Лігеті. Вся рухома горизонталь пластів проходить комплементарно, розширюючи діапазон і динаміку.

Завдяки обрамленню паузами спочатку і вкінці п'єси композитор користується не лише ідеєю музики-тиші, але й завдяки цьому прийому збільшується масштаб мистецького полотна, відповідно і виростає форма. Тому пауза несе двояке смислове значення, це один із улюблених композиторських прийомів роботи зі звуком та формою.

Починаючи з Третьої п'єси в кожній наступній Лігеті змінює інструментальний склад (від квінтету, квартету і до тріо), а також працює з різноманітним звуковидобуванням, тембральними ефектами і спеціальними прийомами гри на кожному інструменті. Але протягом всього циклу зберігається важливий прийом для композитора – це рух від унісона до кластера.

Третю п'єсу композитор знову продовжує в сонорній техніці. На відміну від попередніх двох п'єс, у цій змінюється інструментальний склад (замість Ob, тепер Oboe d'amore). В повільному темпі (Lento) вся рухома горизонталь пластів проходить комплементарно, розширюючи діапазон і динаміку. Лише в деяких «точках», можна простежити інструментальну «вертикаль».

Рухома точка відліку у першому такті, в якому закладено початкові точки для роботи з матеріалом. В першу чергу слід відмітити, що в даній п'єсі основну роль відіграють секунда та терція (1 т. – *h-des-dis* – у Fl, Cl, Fg).

В 2 такті у валторни з'являється тон «*cis*», який переходить плавним, низхідним секундовим рухом вниз у тон «*h*» – композитор проводить інтонацію поступеневу (секунду) вже не вертикально, а горизонтально. Весь перший розділ побудований на дописі вузькому секундовому та терцево-квартовому русі. Особливо зібрано композитор тут зобразив ритмічний рух від найкоротших групувань (які зустрічались всередині твору) до «найдовших» (тобто від септолей, а фактично октолей, секстолей, квінтолей, квартолей, тріолей до цілої тривалості). Знову простежується секундове закінчення (велика секунда як в першій п'єсі).

Загалом у кожній п'єсі Лігеті працює по-новому, або оновлює якісь моменти сонорної техніки, або починає «грати» з виконавськими штрихами, як в наступній п'єсі. У шостій п'єсі (як і в п'ятій) в основі закладено принцип репетиції у всіх інструментів.

В даній п'єсі солістом виступає гобой. Взагалі варто відмітити, що композитор зумів протягом всього циклу показати технічні можливості кожного з інструментів квінтету. Початковий кластер чотирьох інструментів крім гобоя, утворює секундовий кластер (*cis-cis-c-ais*). У кожного інструменту є свій інтонаційний комплекс притаманний саме йому.

П'єса складається з трьох розділів (1р. – 1-8 тт., 2р. – 9-15 тт., 3р. – 16-25 тт.). Кожен розділ зроблений у своєрідній манері написання: I розділ – кластери, II розділ – сонорний пласт, III розділ – алеаторика, шум.

Перший розділ будується як два фактурних пласта. Перший з них – у чотирьох інструментів (крім гобоя), які проводять довгими тривалостями

(фонові звуки) кластерні звучання, які вписуються в звукорядний принцип. Другий пласт – у гобоя, де все починається з репетицій на одному тоні «*d*», що переходить більш розгорнуті пасажи, однак теж тріолями, як і окремі тони у інших інструментів. Другий розділ сприймається дещо стриманіше. В третьому розділі у трьох інструментів композитор вводить алеаторику.

Шумове звучання (Fl, Cor, Fg) з різним ритмічним оформленням створює величезний контраст до всього попереднього. Така «відмова» від звуковисотності переводить сонорне звучання в шум, який всерівно трактується сонорно. Завершується твір шумом флейти після якої повну тишину утворює два такти генеральної паузи (знову улюблений прийом Лігеті – сонорної «тиші»). Загальний задум цієї п'єси можна висловити як рух від традиційної сонорики і кластерів (через контраст з унісоном), а також елементів алеаторики (тут в ритмічному плані) до шумової сонорики і, нарешті, до повної тиші.

Сьома п'єса звучить в швидкому темпі (Vivo, energico). Вона має чітку вертикаль. Мініатюра складається з двох контрастних розділів. Перший з них – складається виключно з вертикалей і протягнутих тонів в окремих інструментів. Весь перший розділ композитор використав прийом – один і той самий вертикальний кластер, тільки він його змінює, енгармонічно заміняє тони, або просто переставляє тони з одного інструменту в інший. Завдяки цьому створюється ефект різного тембрового звучання, хоча музиканти розуміють і знають в чому полягає цей секрет.

Ця п'єса є яскравим прикладом роботи з вертикаллю. Таким чином однакова вертикаль звучить ритмічно різно, проте кожному з виконавців доводиться не повторюватись, а грати різні мелодичні тони. Кожен інструмент грає якийсь інтервал, фонізм. І кожного разу ця вертикаль отримує різне темброве забарвлення. Для різноманіття не тільки ритмічного, Лігеті використовує різні динамічні відтінки – *sff*, *sfff*, *pp*, *p*, *f*, *mp*, *ffff*.

Витриманий тон – звук виконує функцію крапки («точки»), і звук як лінія, тобто зупинка (в 1 т. це один протягнутий тон «*as*», а в 12 т. – звучить кластер у трьох інструментів – Fl, Cl, Cor – «*a-g-b*»). Це є свідченням того, що Лігеті прагнув поєднати алеаторику з сонорикою. І це не єдиний такий приклад в цьому циклі. Але більш вагомою для композитора все таки було максимально різноманітно втілити в даному циклі сонорну техніку.

Відразу перейдемо до Дев'ятої п'єси. Це ще одне «тріо», тепер для флейти *piccolo*, гобоя та кларнета. П'єса звучить у стриманому темпі (*sostenuto*, *stridente*). Загальне спрямування п'єси і вся її концепція побудована на русі від унісону «*es*» через плавне секундове розширення до секундового кластеру «*as-b*».

П'єса – мініатюра (звучить одну хвилину), яка починається на *ff* пронизливим, навіть «кричущим» звуком «*es*» одночасно у всіх (трьох) інструментів (Fl *picc.*, Ob, Cl). Ритмічна різноманітність трьох голосів створює ефект безперервного звучання цього

тону. Вся п'еса створена як сонорне і дуже гучне звучання, на грані больового порогу. І хоча в кожному такті постійно відбуваються зміни, з точки зору слухацького сприйняття – це єдине «статичне» звучання. Одночасно – це новий вимір сонорики – як звучання тривале і дуже гучне.

Отже, композитор для задуму цієї п'еси прагнув, насамперед втілити ідею сонорного руху від *es* (другої октави) до *as* (третьої октави у флейти пікколо); не менш важливою ознакою стала темброва барва, як високий регістр *F1 picc*, *Ob*, *Cl*, а також не обійшлося без динамічного відтінку (*ff*), і різних технік видобування звуку. Тут, кластерна вертикаль, так як і в попередніх п'есах присутня, але її можна набагато краще прослідкувати. Десята п'еса – це підсумування всього циклу. Поєднання в останній п'есі всіх уже відпрацьованих технік і багатьох елементів пов'язаних із звуком і не тільки.

**Висновки.** Цикл «Десять п'ес для духового квінтету» метафорично можна назвати «енциклопедією сонорної техніки». Кожна з п'ес представляє новий варіант сонорної фактури і різні принципи його викладення, розвитку і формотворення. Як завжди в сонорній музиці, великого фактурного і формотворчого значення набуває унісон, що є підтвердженням в даному циклі. Він (унісон) протиставляється кластеру в різних фактурних умовах, а функціональна взаємодія «унісон – кластер» багато в чому визначає синтаксичні будови і формотворення. В даному циклі це виявляється в кожній п'есі і на рівні композиції всього циклу стає одним з основних формотворчих принципів.

Композитор протягом всього циклу використав багаточисленні варіанти найрізноманітніших сонорних фактур (наприклад, кластерна вертикаль №1, 6, 7; лінійна фактура у №2, 4; рухома горизонталь пластів в №3, 8, сонорний пласт – №5, 9. Десята п'еса як фінальна поєднала в собі всі фактурні ознаки разом.

В даному циклі велике значення для драматургії мають п'еси, які отримують свого «соліста» (наприклад, № 2, 6, 8, 10), тому що створюють низку варіантів викладення сонорного матеріалу – умовно «з солістом». Це привносить в «Десять п'ес» відчуття концертності, яке притаманно стилю композитора, про що свідчать його численні концерти для соліста з оркестром.

П'еси, які мають скорочений виконавський склад (наприклад, № 4, 8, 9) теж відіграють важливу функцію в драматургії циклу, створюють фактурні і смислові спади напруження, втілюють моменти

камерного звучання. Лігеті наголошує на тому, що «який би метод не використовувався, він відноситься до раніше заданого музичного результату і розробляється у відповідності до вимог цього результату». [4, с. 206]

Музична творчість Д. Лігеті дуже багатогранна. Дослідження його циклу «Десять п'ес для духового квінтету» свідчить про сформовану сонорну техніку власне Д. Лігеті. В кожній п'есі простежуються різноманітні поєднання сонорики з іншими техніками, виконавські можливості кожного з інструментів, способи формотворення. За допомогою дослідження цього циклу ми змогли познайомитися із справді майстерним володінням сонорної техніки композиції Д. Лігеті. Справедливо стверджувати, що творчість Д. Лігеті – наочний «музичний посібник» для сучасних композиторів, тому що кожен наступний твір відкриває знайомі техніки композиції по-новому. Все завдяки тому, що Д. Лігеті «ніколи не переставав навчатись і був завжди у розвитку не лише музичному, але й збагачував свої знання в літературі, культурі та науці». [6, preface XVIII]

Мабуть через це його твори поєднали у собі все розмаїття сучасних композиторських технік, особливих якостей звуковидобування, а також безперечно ту вагому частинку самої особистості музиканта, яка проходить «золотою ниткою» крізь всю його творчу спадщину.

#### Список літератури:

1. Когоутек Ц. Техника композиции в музыке XX века / Ц. Когоутек. – М. : Музыка, 1984. – 301 с.
2. Крейнина Ю. 80-е годы: новое прочтение традиции. / Ю. Крейнина // Дьердь Лигети. Личность и творчество. – М. : Российский институт искусствознания, 1993. – С.91-112.
3. Кюрегян Т. Форма в музыке XVII-XX веков / Т. Кюрегян. – М.: Сфера, 1998. – 344 с.
4. Лигети Д. Форма в новой музыке / Д. Лигети // Дьердь Лигети. Личность и творчество. – М.: Российский институт искусствознания, 1993. – С. 190-207.
5. Ценова В. Теория современной композиции / под ред. В. Ценовой. – М. : Музыка, 2005 – 624 с.
6. Gyorgy Ligeti Of foreign Lands and Strange Sounds / edited by Louise Duchesneau and Wolfgang Marx. – Woodbridge : The Boydell Press, 2011. – 298 p.

## ИСТОРИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Iryna Sukhovska,*

*Postgraduate student of History Faculty  
of Ivan Franko National University of Lviv, Ukraine*

### **COLLABORATION PROBLEM DURING SECOND WORLD WAR IN THE DISCOURSE OF CONTEMPORARY RUSSIAN HISTORIOGRAPHY AND PUBLIC POLICY OF MEMORY**

**Abstract:** The article describes the most important trends of scientific interpretation of collaboration problem during the Second World War in contemporary Russian historiography. The basic ideas and features of historiographical process, methods of historical research, and the impact of social and political events on the theme and content of historical studies are defined. Particularly, the article focuses on the analysis of interaction of contemporary Russian historiography and public policy of memory. There are also outlined some prospects of scientific research in this field.

**Key words:** collaboration, World War II, the German-Soviet war, Russian historiography.

**Statement of the problem.** Achievements of the "archival revolution", involving foreign archival and historiographical sources to scientific researches, applying methodological principles of world historical science of the last quarter of the 20th century, developing new approaches to the study of World War II induced changes in the interpretation of collaboration problem in Russian historiography. The approaches urged researchers in the early 1990s to overcome the ideological barriers in the interpretation of collaboration problem. However, the problem of collaboration remains the most politicized topic in Russian historical science, taking into account the necessity to build a positive image of the state history and influence of the Soviet inheritance, in which collaboration was interpreted as a movement based solely on ideological thoughts. For a quite long time the Russian authorities tried to conceal the problem of collaboration of Soviet citizens with the Nazis during World War II since it did not fit into created victorious realities by the authority during war time. Therefore, vague nature of the concept of historiography and active interest of Russian society complicated the reconsideration of collaboration problem even more. The interpretation of collaboration became a major problem of Russian public policy of memory. Russia endeavored to preserve Soviet vision on the events and their use in the ideology of the population. Therefore, discussions about cooperation of Soviet citizens with the occupiers in the Russian historical science escalated mainly because of its social significance and direct control of the government.

**Analysis of recent research and publication.** The problem of scientific interpretation of collaboration got an extremely complicated and multidimensional topic in modern Russian historiography and increased a number of debates on this subject among historians in books and periodicals. The research of collaboration during the Second World War was conducted by the following historians: S. Drobiazko [4,5], M. Kirsanov [5], B. Kovalev [6,7] E. Krynko [8], S. Kudryashov [9,10], O. Makarov [12], P. Polyan [16], M. Semiryaga [17], R. Khisamutdinov [20], Y. Shantsev [21] and others. These authors described some methodological concepts and principles and new approaches to the problem of collaboration

arisen at the end of the twentieth century in Russian historiography. They outlined evolutionary changes in contemporary Russian historiography devoted to collaboration problem during the Second World War. Also, they defined some features of this problem in the concepts of modern Russian historiography, focusing on the motives of collaboration of Soviet citizens with the Nazis. M. Semiryaga, E. Krynko defined the concept of "collaboration," revealed the causes and motives of collaboration as a social and political, social and economic phenomena. P. Polyan, B. Kovalo'v focused their own scientific analysis on the types of collaboration and forms of its manifestation, determined the size of collaborationist movement. S. Kudryashov, Makarov, E. Shantsev, R. Khisamutdinova described the state of studying collaboration in contemporary Russian historiography, analyzed the impact of Soviet historiography on modern interpretation of collaboration. Although there were numerous researches on collaboration during the Second World War, researchers did not pay enough attention to the impact of public policy of memory on the development of contemporary Russian historiography.

**The object of the article** is to describe the most important trends of scientific interpretation problem of collaboration in contemporary Russian historiography and determine the impact of Russian public policy of memory on the process of its creation.

**Presentation of the main research material.** An active search for new theoretical, conceptual and methodological principles of collaboration interpretation conducted by Russian scientists, gradually implementation humanist and anthropocentric approaches to the study of motives of cooperation of Soviet citizens with the enemy, "archival revolution", enrichment of Russian historical science with achievements of world historiography, formation of historiographical space for Russian scientists and Russian diasporas, intense local researches of World War II history conducted by local scientific research centers and institutions, universities, and some individual historians arose the expansion of the problem field, source base and research system of modern Russian history that differs from Soviet historiography by methodological pluralism and attempts to synthesize the achievements of Russian and foreign

historiography. Thus, modern historical researches devoted to the problem of collaboration include a research experience of Soviet historical science and modern approaches of Western historiography. The interaction of such contradictory factors influenced the development of historical investigation, provoked debates among Russian scientists that escalated even more since they were socially important and under a direct control of the government [15].

Public policy of memory caused a rigid ideological orientation of historical researches on collaboration problem by implementing memorial laws and strict control of school narrative. Memorial law, including direction and content of researches on World War II, established the boundaries of scientific knowledge of the problems of collaboration and school narrative represented its expectations. This shows that ideological framework of historical research is reflected best in the Russian school narrative that points to the direction of historical research on the issue of collaboration [14, p. 158].

Collaboration in Russian textbooks is depicted as a universal trend of the military times, typical for all countries suffered from occupation and implementation of the Nazi "new order" [11, p.221]. Interpreting the collaboration issue the authors of Russian textbooks focused on the scale of exploitation of people and robbing material resources in the occupied territories, denying any neutral motives of cooperation of Soviet citizens with the enemy though [11, p. 212].

Analyzing the Resistance movement in the textbook historians reasoned only negative motives of collaboration with the enemy, paying particular attention to the activity of the Russian Liberation Army led by General A. Vlasov and Ukrainian, Baltic and Caucasian nationalist organizations [3, p. 234]. Ukrainian historian F. Turchenko aptly noticed that in the Russian textbook too little attention is paid to members of non-Russian nationalities of the USSR, although reviewing the section of the textbook "World War II. 1941-1945" this first impression disappears. Since the book mentions the Baltic, North Caucasian, Ukrainian and Tatar people nations who fought in alliance with Germany while describing collaborationist movement [19].

This phenomenon of collaboration among Russians in the textbook isn't even considered, making an impression that only Russian people have never collaborated with the enemy and collaborators were exclusively "criminals" of other nationalities [3, p.221].

Thus, a historical fact of collaboration in Russian school education is concealed from the history of World War II creating subjective improperly grounded historians' views in order to preserve Soviet traditions of interpretation of collaboration issue. Because of this modern historical Russian school education was affected by public policy of memory which impeded school narrative development within achievements of modern historiography. It also determines a direction and content of historical researches of Russian scientists. Based on school narrative the scientists are trying to integrate the research results of Soviet and Western historiography of collaboration problem with the problem of definition of Soviet citizens with the Nazis.

The definition of "collaboration" caused a fierce discussion in modern Russian historiography; since quite many professional historians emotionally perceived practice of contacting Soviet citizens with the Nazis. By the 1990s, the term "collaboration" isn't almost used by historians to describe collaboration with the enemy on Soviet territory, but used only to characterize such events on the occupied territories of Europe. Some historians attempted to detach treason from some forms of people's cooperation with occupants justified by circumstances. The historians used a term with a less negative meaning than 'treason' and called it French term 'collaboration'. A foreign origin of the word made it more neutral in Russian historiography compared to a term 'traitor' which dominated in Russian historiography for a quite long time [12, p.185].

One of the first researchers of collaboration between Soviet citizens and the Nazis M. Semiryaga defined collaboration as a citizens' assistance to an aggressor during wartime to the detriment of their own country and people under occupation is defined as treason and according to the international law is a war crime. He considered contacts of Soviet citizens with the Nazis to be a social and political phenomenon and suggested a selective approach to defining an interaction of Soviet citizens with occupants during World War II and determined dual meaning of the term 'collaboration': 1) deliberate betrayal that did harm to the Soviet Union and hindered the fight against the German occupiers; 2) cooperation or compelled cooperation with the Nazi regime aimed at survival. The historian thought it wasn't good to consider all contacts with the enemy as treason since then all the occupied population can be called traitors [17, p. 5].

However, the use of such terms was contradictory in Russian historiography, as the concepts "traitor" and "collaborator" are difficult to distinguish and the boundaries between them are extremely vague and subtle. S. Kudryashov said that the transition from a neutral to a closer cooperation happened too simply that makes it impossible to establish the boundaries separating the interaction with the occupation regime from the cooperation with it [10, p. 91]. B. Kovalev did not even notice the difference between interaction and cooperation, describing the activities of collaborators as treason in the moral and legal meaning of the term [6, p. 480]. Thus, Russian historians are not ready yet to abandon the Soviet interpretation of collaboration, considering it an appropriate expression of legal assessment of collaboration with the Nazis [2, c. 480].

Debates on definition of 'collaboration' caused application of a more complicated characteristic of collaboration motives in modern Russian historiography. Most researches tend to consider different reasons for Soviet citizens' collaboration with the Nazis such as a rejection of Soviet system and active participation on the side of the enemy to simply attempt to survive in a tough condition of occupation or captivity. Supporters of Soviet interpretation of collaboration problem skeptically take the tendency of foreign historiography, namely portraying Soviet collaborators as victims of circumstances who were made to cooperate with the



Nazi authorities and fighting against communist regime. However, they admit that there was such a motive of collaboration [10, p. 28].

Some modern Russian historians do not take into consideration Soviet clichés and tend to consider collaboration of Soviet citizens as a way of survival under the occupation. They determined some psychological motives of collaboration such as fear of Nazi's cruelty, attempts to protect and rescue own families, survival in tough conditions of occupation. The historians emphasized on psychological pressure of occupation regime and Nazi propaganda under which some Soviet citizens lost their usual political and moral guide [5, p. 60]. Russian historians thought that under such circumstances most civilians occurred to be threatened or deceived to get involved in collaboration with the enemy. POWs got involved in collaboration mostly because of unbearable conditions of captivity, as Soviet authorities refused to cooperate with the Red Cross and sign the Geneva Convention relative to the Treatment of Prisoners of War, resulted in their non-execution of the Convention [17, p. 322].

Analyzed the enormity of death rate among Soviet soldiers, P. Polyani noted that they were kept in unbearable conditions. Moreover, historians established that Soviet law regarded captivity as a crime, as in the Soviet Union issued a Decree of the Major Command of the Red Army from 16.08.1941, № 270 "About the military responsibility for the delivery into captivity and abandonment of enemy's weapons", according to which Soviet authorities identified all captives with traitors, forced most of them to cooperate with German authorities [16, p. 137-138].

Describing motives of military collaboration, historians emphasized Russian Liberation Army of General A. Vlasov, considered in Soviet historiography as a symbol of treason. In modern Russian historiography there was even a term 'vlasovshchyna'. The researchers tend to consider it as a political phenomenon, resulted in a number of reasons of major failures at the front and the fear of Soviet prisoners of revenge for forced captivity. Analysis of Vlasov's career did not give any grounds to Russian historians claim that his collaboration with the enemy was conceived and prepared beforehand. Modern Russian historiography interpreted his decision to ally with Germans as fear of the same fate that the commander of the Western Front General D. Pavlov had [12, p. 187].

Therefore, Vlasov decided to win over Soviet soldiers and officers who had strained relations with the Stalinist regime, "securing himself a warm place in the hierarchy of the Wehrmacht." However, Russian historians tried to solve the "Vlasov problem" within moral and ethical dilemmas whether the General was actually a traitor or a hero. According to some historians who adhered the Soviet interpretation of collaboration, a forced "survival strategy" through collaboration with the enemy of Soviet citizens was the manifestation of the "third power", so-called "anti-Stalinist protest" [20, p. 123]. Therefore, Vlasov's movement was morally justified, although such interpretation is the ground to deny the legitimacy of the name "World War II" to the war of the Soviet Union against Nazi Germany and its

allies. They think that the exculpation of collaboration may lead to exculpation of the Hitler's war against the Soviet Union. In general, most Russian historians agreed that Vlasov did not ideologically fight against Stalin until he was captivated and allied with the enemy to save his life [1, p. 156; 6, p. 521; 17, p. 327].

In some Russian historical researches on collaboration motives it is emphasized on the fact of active military collaboration between German authorities and national minorities of Soviet Union that was typical for them since they were influenced by nationalist sentiments and counted on the help of Nazi Germany to build their own state [7, p. 162]. According to O. Sorokin, there were some particular reasons for treason among the population of the western regions of the USSR, connected to the Soviet occupation of these territories in 1939-1940, massive repressions and deep-rooted enmity to Russians [18, p. 10]. In the context of this, historians analyzed changes in the historiography of Ukraine and Baltic countries where was political and legal rehabilitation of collaborators who are nowadays considered to be major fighters for national independence. The collaboration between nationalists and German authorities is now positively assessed as a fight method against Soviet occupation for national independence. Russian historians did not agree with their colleagues about collaboration rehabilitation, as nationalism can justify collaboration but it doesn't change the fact it is treason. Consequently, they think nationalists who worked with the enemy committed a statutory crime.

Changes in interpretation of collaboration motives led to the review of collaboration typology. Most researchers suggested distinguishing collaboration forms depending on the field citizens cooperated with the enemy. S. Kudryashov defined military, political and economic (civilian) cooperation. Moreover, he considered that there was a big difference between work in military units and participation in fighting with guns in hands. Therefore, he suggested distinguishing between passive and active (with guns) military collaboration [9, p. 86]. N. Ramanichev determined four major forms of cooperation with the occupiers: 1) political cooperation that was an activity of national committees (Russian, Ukrainian, Belarusian, Turkestan, Azerbaijan and others claimed to be the government); 2) administrative cooperation, members of which worked in the local administrative authorities established by invaders; 3) members of economic cooperation worked in industry and agriculture; 4) military cooperation was a service with guns in hands on the side of the Third Reich [12, p. 19]. M. Semiryaga said that the range of forms of collaboration is quite large, but there are some major forms such as social, administrative, economic and military-political collaboration. He noted that not all of these actions can be qualified as treason except the latter type of military and political collaboration [17, p. 11]. V. Malynovskyy suggested classifying collaboration by motives of cooperation with the Nazis [13, p. 165]. This technique identifies "conscious" collaboration associated with rejection of the Soviet state and conscious desire to facilitate invaders, and "forced" col-

laboration manifested through collaboration and generated by external circumstances to the subject. The term "pseudo-collaboration" is different because it is performance of certain functions in the occupation administration or police by Resistance movement members [8, p.157].

Some historians applied a new method to the classification of collaboration to detect new areas of treason-collaboration. B. Koval'ov suggested military, economic, administrative, ideological, intellectual, mental, national, children's and sex collaboration [6, p. 480]. Thus, some approaches of Russian historians demonstrate that collaboration with a military opponent is treason and a social issue at the same time related to different strategies of people's survival under extreme conditions of German occupation. In this case the main criterion to distinguishing cooperation from collaboration was a motive of survival. Therefore, cooperation types as well as collaboration types can be identified by the areas of cooperation with occupants: military, political, administrative, social, social and cultural, economic and others [17, p. 680]. Thus, a lot of Russian historians applied differentiated approaches to collaborators emphasizing individual approach to each specific case [4, p. 4-5].

Another new trend in research of collaboration issue was to determine the number of this phenomenon. Soviet historians did not indicate the total number of collaborators emphasizing its insignificance. Moreover, they agreed on views of many western historians that there were million soviet citizens who cooperated with the occupants. Russian historians noted that cooperation with the enemy wasn't as big as for example in France, Belgium or Holland. The historian M. Gareyev determined that there were 200 thousand of collaborators, 100 thousand of which were in military armed formations. According to S. Kudryashov there were 250-300 thousand people actively participated in military cooperation. The total number of collaborators was a million people. S. Droblyazko thinks there were 1,3-1,5 million of collaborators. N. Romanichev considers the number of collaborators was 1-1, 5 million. Russian citizens actively interacted through military collaboration. The number of military formations of collaborators and cooperators is now a subject for debates; according to different sources, such formation could consist of 280-300 thousand people to 1.5 million people. The bulk of the people, involved in the direct or indirect military cooperation with the enemy, numbered 4 million people Soviet prisoners of war [4, p. 4-5].

**The conclusions.** Thus, the results of modern historical research by Russian historians discovered a possibility to distinguish cooperation from collaboration, applying a criterion of citizen interaction motive with the occupation regime. Therefore, the essence of cooperation is identified as a contact person's behavior that does not affect the struggle of his country with the aggressor. These actions are considered by Russian historians through a legal and moral aspect. However, the problem of treason during the Second World War in the works of Russian historians remained unclear, as unique and extraordinary conditions of military con-

frontation were neglected, instead they continued to research moralization and publicistics, without applying to the issues of collaboration and cooperation a principle of historicism. According to Russian historians the principle of historicism manifested through a moral insight of Soviet models to the problem of cooperation with the Nazi regime, highlighting the extremely treacherous behavior of citizens who interacted with the invaders. Russian historians continue to evaluate the actions of the Soviet people from the standpoint of Soviet people model of 1941-1945 but not from morality, based on the Universal Declaration of Human Rights. In this context, the problem of collaboration and cooperation presents professionally empirical power and at the same time professionally methodological weakness of Russian historiography, that is not ready to abandon ethical, political and legal assessments and categories. However, consideration of key issues and some aspects of collaboration during the Second World War proves that there were significant positive improvements in its research and coverage, creation of scientific concepts to highlight a reasoned picture of the place, role and importance of the Russian people in the events and processes during the war. However, analyzing the Russian historiography and its interaction with public policy of memory, it should be noted that the theme of World War II is under control of the state that restricts a full development of Russian historiography at the legislative level, adapting it according to Soviet assessment of collaboration and reducing the possibilities of science activity.

#### References:

1. Бахвалов А. Генерал Власов. Предатель или герой? / Анатолий Бахвалов // Звезда. – 1995. – №6. – С. 109-156.
2. Вишлѐв О. Накануне 22 июня 1941 года / Олег Вишлѐв. – Москва, 2001. – 230 с.
3. Данилов А. История России, XX век : Учеб. для 9 кл. общеобразоват. учреждений. / Александр Данилов, Людмила Косулина. – М. : Просвещение, 2002. – 336 с.
4. Дробязко С. Советские граждане в рядах вермахта в рядах вермахта. К вопросу о численности / Сергей Дробязко // Великая Отечественная война в оценках молодых: Сб. статей студентов, аспирантов, молодых ученых, Москва, 1997. – С. 127-134.
5. Кирсанов Н., Дробязко С. Великая Отечественная война 1941-1945 гг.: национальные добровольческие формирования по разные стороны фронта / Николай Кирсанов, Сергей Дробязко // Отечественная история. – 2001. – №6. – С. 60-75.
6. Ковалѐв Б. Нацистская оккупация и коллаборационизм в России. 1941-1944 / Борис Ковалѐв. – Москва, 2004. – 544 с.
7. Ковалѐв Б. Коллаборационизм в России в 1941-1945 гг.: типы и формы / Борис Ковалѐв. – Великой Новгород, 2009. – 370 с.
8. Кринько Е. Коллаборационизм в СССР в годы Великой Отечественной войны и его изучение в российской историографии / Евгений Кринько // Вопросы истории. – 2004. – №11. – С. 153-164.

9. Кудряшов С. Предатели, «освободители» или жертвы режима? Советский коллаборационизм (1941-1942) / Сергей Кудряшов // Свободная мысль. – 1993. – №14. – С. 84-98.
10. Кудряшов С. Советский коллаборационизм в годы войны: вопросы историографии / Сергей Кудряшов // Проблемы истории Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. – Самара, 1997.
11. Левандовский А. Россия в XX веке: Учеб. для 11 кл. общеобразоват. учрежден. / Андрей Левандовский, Юрий Щетинов. – М. : Просвещение, 1997. – 384 с.
12. Макаров О. Коллаборационизм и сотрудничество в Великой отечественной войне / Олег Макаров // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. – 2011. – № 3. – С. 185-191.
13. Малиновский В. Кто он, российский коллаборационист: патриот или предатель? / Владимир Малиновский // Вопросы истории. – 1996. – № 11-12. – С. 164-166.
14. Небезин В. СССР во Второй мировой войне: новейшая российская историография проблемы / В. Небезин // Україна-Росія: діалог історіографій. Матеріали міжнародної конференції. – Київ-Чернігів. – 2007. – С. 157-170.
15. Никифоров Ю. Великая Отечественная война в зеркале «новой» историографии [Электронный ресурс] / Ю. Никифоров // Военная литература. – Режим доступа : <http://www.russian-globe.com/N75/Lulechnik.PravdaoZnameniiPobedu.htm/>.
16. Полян П. Жертвы двух диктатур. Жизнь, труд, унижение и смерть советских военнопленных и оstarбайтеров на чужбине и на родине / Павел Полян. – Москва, 2002. – 896 с.
17. Семиряга М. Коллаборационизм. Природа, типология и проявление в годы Второй мировой войны / Михаил Семиряга. – Москва, 2000. – 864 с.
18. Сорокина О. Этнические движения в СССР и вторая мировая война / Ольга Сорокина // История. – 2002. – №6. – Режим доступа: <http://his.1september.ru/article.php?ID=200200602>.
19. Турченко Ф. «Общая история»: наука чи політика? / Федір Турченко. – Режим доступа: [http://krasnews.at.ua/publ/rozpovidi\\_pro\\_zemlju\\_aktiv/slovo\\_v\\_nauci/fedir\\_turchenko\\_obsbhaja\\_istorija\\_nauka\\_chi\\_politika\\_i/27-1-0-226](http://krasnews.at.ua/publ/rozpovidi_pro_zemlju_aktiv/slovo_v_nauci/fedir_turchenko_obsbhaja_istorija_nauka_chi_politika_i/27-1-0-226).
20. Хисамутдинова Р. Проблема коллаборационизма в СССР в годы Великой Отечественной войны в современной российской историографии и зарубежной литературе / Равиль Хисамутдинова // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. – 2013. – № 3. – С. 117-125.
21. Шанцева Е. Историография проблемы коллаборационизма в СССР в годы Великой Отечественной войны 1941-1945 гг. / Елена Шанцева // Гуманитарные науки. История и политология. – 2010. – № 6. – С. 284-288.

**Борис Бездітько,**

*Полтавський національний*

*педагогічний університет імені В. Г. Короленка, старший викладач кафедри правознавства, історичний факультет*

## **ДО ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТІВ ВІДНОСИН У СФЕРІ ВІДОКРЕМЛЕННЯ ЦЕРКВИ ВІД ДЕРЖАВИ І ШКОЛИ ВІД ЦЕРКВИ ТА ЗАГАЛЬНИХ ПРАВИЛ ПОВОДЖЕННЯ З НИМИ**

У статті в загальному плані розглядаються питання нормативного регулювання відносин щодо різних об'єктів, із якими була пов'язана поведінка осіб при реалізації державної політики у сфері відокремлення церкви від держави і школи від церкви, дається спроба характеристики цих об'єктів за видовими ознаками та опис правил поведінки з ними різних суб'єктів.

Законодавство про релігійні культу, релігійна община, культове майно, правила поведінки із культовим майном, дії суб'єктів, рухоме і нерухоме майно, інформація.

To the characteristics of objects relations in the separations of church and state and school and church and general rules of conduct with them.

The article in general terms describes the issue of regulatory relations the various object which was related behavior of people in the implementation of state policy in the separation of church and state and school and church.

An attempt of the characteristics of these objects by specific signs and description of the handling different subjects with them are given in this article.

The legislation about religious cults, religious community, religious property, rules of conduct with religious property, actions of subjects, movable and immovable property, information.

Із проголошенням радянської влади в Україні створена більшовиками держава вдалася до активного регулювання відносин, пов'язаних із віросповіданням.

Потрібно зазначити те, що дана сфера суспільних відносин є досить важливою і до неї був прикутий інтерес багатьох дослідників. В цьому контексті потрібно згадати праці М. Голодного «Радянське законодавство про релігійні культу», І.

Фіолетова «Церковь и государство по советскому праву»; Л. Дьяконова «Советские законы и церковь», М. Персиця «Отделение церкви от государства и школы от церкви в СССР», О. Вещикова «Советские законы о религиозных культурах», М. Сташевського «Социалистическое государство и религиозные объединения», В. Клочкова «Совет-

кое государство и церковь», В. Пашенка «Православ'я в новітній історії України» (праця має 24 частини).

Предметом дослідження науковців стали окремі питання відносин держави і церкви. На даний час настає потреба дослідити питання, що пов'язані із визначенням кола об'єктів, які були втягнуті в орбіту правового регулювання відносин у сфері відокремлення церкви від держави та школи від церкви та визначенням правил поведінки суб'єктів щодо них.

Першим у часі нормативним актом, що регулював відносини по віросповіданню у більшовицькій державі в Україні став Декрет по відокремленню церкви від держави і школи від церкви, його було видано 22 січня 1919 року Тимчасовим робітничо-селянським урядом України.

У березні 1919 року на III Всеукраїнському з'їзді рад була прийнята Конституція Української Соціалістичної Радянської Республіки, яка декларувала права і обов'язки «працюючого і експлуатованого народу України». Одним із таких прав народу було проголошено право на свободу совісті [1, ст.23]. Вказана конституційна норма визначала, що з метою припинення можливості використання релігії і церкви в інтересах залишення класового ладу, церква відокремлювалася від держави і за всіма громадянами визнавалося право пропаганди релігійних наук, за умови, що вони не переслідують жодних соціальних і політичних завдань, та право пропаганди антирелігійних наук, за умови, що це не суперечило комуністичним поглядам. Зі змісту даної конституційної норми вбачається такий об'єкт регулювання як право особи і право особи на власні дії. Як відзначав П. Яшин, саме законодавче затвердження відокремлення церкви від держави стало найважливішою гарантією свободи совісті [2, с.17].

У подальшому уповноваженим на те органами державної влади видавалися нормативні акти, що у своїй сукупності створили законодавство, яке по своїй суті стало антирелігійним.

Декретом уряду від 22 січня 1919 року було заборонено в межах УСРР видавати будь-які місцеві закони або постанови, які б утиснювали або обмежували свободу совісті або встановлювали які-небудь переваги або привілеї на основі віросповідної приналежності громадян. Цим було забезпечено гарантування прав особи у сфері віросповідання.

Важливими нормативними актами, що визначали правове положення різних об'єктів відносин у дослідженні стали Цивільний кодекс УСРР, Земельний кодекс УСРР, Кодекс законів про працю УСРР, Кримінальний кодекс УСРР. Вони регулювали різні сфери відносин, але зачіпали і сферу релігійних відносин. З утворенням СРСР у 1922 році відбулися серйозні зміни у політичному розвитку України, розпочався процес всебічного обмеження державного суверенітету УСРР і законодавство України стрімко інтегрувалося загальносоюзне законодавство, для якого були характерними виключний централізм і відсутність гуманістичних начал [3, с.209].

З метою реалізації прийнятих законодавчих актів компетентні органи виконавчої влади видають різні за змістом правового регулювання акти. Так, Народним комісаріатом юстиції 10 листопада 1920 року було видано «Інструкцію про застосування законоположень по відокремленню церкви від держави та школи від церкви». У змісті Інструкції зверталася увага на главу третю цієї Інструкції, яка визначала правила поведінки із майном, призначеним для вчинення релігійних обрядів, а у главі четвертій, яка визначала правила поведінки з «іншим майном», у главі п'ятій мова йшла про метричні книги.

Постановою Всеукраїнського Центрального Виконавчого Комітету від 1 листопада 1922 року було внесено зміни до сфери управлінських відносин. Згідно з цим актом відділ по відокремленню церкви від держави та його органи на місцях передавалися із відання Народного комісаріату юстиції до Народного комісаріату внутрішніх справ зі штатами та фінансами [4, арк.5]. Архівні джерела свідчать про те, що органи Народного комісаріату внутрішніх справ у подальшому проводили політику держави по відокремленню церкви від держави більш жорстко, вимагали неухильного і своєчасного виконання їх розпоряджень. У червні 1923 року НКВС, звертаючись до губернських відділів управління, наголошував на тому, що надає важливого значення роботі по відокремленню церкви від держави [5, арк.50].

В листопаді 1922 року Всеукраїнський Центральний Виконавчий Комітет видав постанову «Про порядок реєстрації товариств і союзів, не переслідуючи мети отримання прибутків і порядку нагляду за ними». Цією постановою у своїй діяльності керувалися відповідні органи виконавчої влади на місцях, зокрема губернські міжвідомчі комісії у справах про товариства і спілки (ГубМЕКОСО).

Дії органів влади на місцях постійно контролювалися вищими керівними органами. Так, у циркулярі за № 58/с від 24.10.1924 року Народний комісаріат внутрішніх справ застерігав начальника Чернігівського губернського адміністративного відділу в тому, що у діловодстві адміністративного відділу ні в якому випадку не можуть перебувати документи, що відкрито диктують церковну політику і що можуть при недбалому відношенні до них компрометувати органи радянської влади. Ці документи, як зазначав Нарком, мали бути негайно вилучені і знищені. Проведення ж особливо секретного листування мало бути зосереджено виключно в руках членів партії більшовиків [6, арк.2].

Циркуляром у квітні 1922 року місцеві органи міліції зобов'язувалися до вчинення активних дій, а саме: на весь час проведення операції по вилученню церковних цінностей вони мали максимально посилити спостереження за збереженням громадянами повного порядку і спокою. З цією метою мали бути виділені особливі посилені чергові частини і розташовані вони мали бути поблизу місця

проведення операції [7, арк.12]. В даному разі об'єктом регулювання виступають дії підпорядкованих між собою органів державної влади.

Адміністративними органами на місцях, які безпосередньо втілювали в життя положення Декрету про відокремлення церкви від держави, стали районні виконавчі комітети і саме вони безпосередньо контактували із релігійним рухом. Ця робота проводилась під особистим керівництвом голів райвиконкомів і саме на них покладалося завідування адміністративною частиною.

У роботі по відокремленню церкви від держави райвиконкоми виконували цілий ряд функцій (така діяльність була об'єктом правового регулювання), а саме:

прийняли статuti релігійних товариств та інші необхідні для реєстрації документи і через окружні адміністративні відділи направляли їх до губернських ліквідаційних комісій у справах про товариства і союзи (ГубМЕКОСО);

переукладали договори на користування молитовними будівлями після попередньої перевірки наявності культового майна у відповідній будівлі;

здійснювали контроль за діяльністю релігійних товариств, зокрема за вчиненням публічних релігійних церемоній [8, арк.15].

Об'єктом правового регулювання були також дії віруючих, релігійних общин, служителів культу. В серпні 1922 року Харківським губернським відділом управління був затверджений статут Харківської єврейської релігійної общини. Цим статутом визначалося право общини орендувати і утримувати богославські курси для осіб, які досягли віку 18 років [9, арк.2].

Члени релігійної общини Покровської церкви села Карпилівки Остерського району Чернігівського округу погоджувалися укласти новий типовий договір користування культовою будівлею та майном, що в ній знаходилося і про свою згоду надавали розписку Чернігівському окружному Виконавчому комітету Ради робітничих, селянських і червоноармійських депутатів. З общини при врученні бланка договору була стягнута сума вартості його виготовлення і складала вона 4 копійки золотом по курсу на день сплати [10, арк.121].

У 1927 році журнал «Безвірник» повідомляв читачам про те, що за рішенням Верхньо-Сагарівської сільської ради на Конопотщині місцевий житель, колишній червоноармієць, за два дні серед населення зібрав 60 крб. для проведення молебнів і віддав їх священникові. Повідомлялося також про те, що після цієї фінансової акції по селу поширилися чутки про те, що радянська влада визнала Бога і тому допомагає панові. Цю подію на сторінках журналу висвітлювали як негативну в діяльності місцевих органів влади [11, с.56].

На відношення Гадяцької повітової ліквідаційної комісії по відокремленню церкви від держави за № 33 від 24 грудня 1921 року гадяцький громадський равин повідомляв, що при молитовному будинку коштів немає, за винятком тисячі карбованців, які були внесені до казначейства [12, арк.9].

Об'єктом правового регулювання за різноманітними юридичними актами виступали предмети матеріального світу. Аналізуючи зміст нормативних актів та нормативні джерела, можна вказати на таке нерухоме майно: будівлі, споруди, будинки, землю та рухоме майно: печатки (благочинні і церковні), кошти, ікони, коштовне каміння, різноманітні культові предмети (як-то, ковшик), різноманітні документи (папери громади, метричні книги, описи церковного майна, інвентарні книги та інше).

У відомостях про церкву св. Миколи села Сорочошич Остерського повіту на Чернігівщині повідомлялося, що збудована вона була в 1869 році за рахунок коштів прихожан. Будувалася церква за планом, затвердженим будівельним відділенням при губернському правлінні, сама церква була дерев'яною, і дерев'яною була дзвіниця [13, арк.45].

Київською комісією по вилученню цінностей були віднайдені приховані духовенством Михайлівського монастиря цінні речі. Серед цих речей найбільш цінними були дорогі золоті ікони, прикрашені діамантами. Також було віднайдене 15 пудів срібла [14, арк.28].

У поводженні із об'єктами культового призначення норми права, що були закріплені у законодавстві, визначали кілька правомочностей суб'єктів. Це була тріада суб'єктивних прав і включала вона можливість такого плану:

1) суб'єкт мав право, тобто міг діяти певним чином за власною волею – свідомо цілеспрямовано вчиняти ті чи інші дії;

1) суб'єкт міг вимагати дотримання вимог певної поведінки від іншої особи – учасника відповідних правовідносин;

суб'єкт міг звернутись до органу державної влади, зокрема до суду, за захистом свого порушеного права. Безумовно, що при реалізації наданих прав суб'єкт однозначно мав виконувати покладені на нього обов'язки і дотримуватися встановлених державою заборон. В якості ілюстрації цього положення звернемося до змісту п.9 «Інструкції Народного комісаріату юстиції про застосування законів по відокремленню церкви від держави та школи від церкви». У цій нормі вказувалося на те, що ці законні постанови і розпорядження органів радянської влади були обов'язковими для послідовників усіх віросповідань і віровчень, і жоден із них, незалежно від займаного місця у службовій ієрархії, не міг відмовлятися під загрозою відповідальності перед революційним судом від тих актів.

При реалізації прав, визначених актами антирелігійного законодавства, органи державної влади зобов'язані були чинити активні дії і, зокрема, при здійсненні своїх контрольних функцій. На вимогу циркулярі НКВС від 2 грудня 1921 року всі губ підвідділи комітетів незможних селян мали провести перевірку постанов місцевих комнезамів і скасувати ті з них, які були прийняті на користь духовенства, а також вжити заходи впливу до таких комітетів незможних селян. Винесення комнезамами яких-небудь постанов на користь духовенства

розцінювалося як зрада інтересам незаможного селянства і «кусьому працюючому люду» [15, арк.46].

Реалізацію правомочності по захисту прав інших суб'єктів ми можемо простежити на прикладі дій Всеукраїнської Православної Церковної Ради (далі ВПЦР), яка не погоджувалася із запровадженням оподаткування священнослужителів ВПЦР, звернулося із клопотанням до Всеукраїнського Центрального Виконавчого Комітету. У своєму зверненні до органу державної влади ВПЦР зазначала, що законодавство УСРР не тільки не сприяє служителям культу отримати матеріальні прибутки, а навіть навпаки гальмує це, оскільки позбавляє церковні установи прав юридичної особи. Крім того, у цьому зверненні зазначалося, що оскільки праця священника не має характер «персонально-індивідуальної», то сплачувати вартість патенту як специфічного податку в дійсності мала релігійна громада. У зверненні також зазначалося, що оподаткування релігійних громад суперечило змісту п.2 Декрету про відокремлення церкви від держави та школи від церкви. Зважаючи на вищевикладене, ВПЦР прохала Київський губернський фінансовий відділ звернутися до центральних органів державної влади з питанням надання вказівок і роз'яснень по звільненню священнослужителів Української автокефальної православної церкви на отримання патентів на право священодіяння [16, арк.1].

Відомі також чисельні факти звернення релігійних общин до органів держави із заявами про захист своїх прав. Закриття церков на основі рішень окружних виконавчих комітетів та районних виконавчих комітетів, що приймалися ними на власний розсуд, спричинило численні звернення громадян зі скаргами на такі дії до Всеукраїнського Центрального Виконавчого Комітету та до Ради Народних Комісарів. Такі дії спонукали НКВС звернутися із циркуляром до губернських відділів юстиції. У циркулярі ставилася вимога у подальшому не допускати закриття церков окружними виконавчими комітетами та районними виконавчими комітетами на власний розсуд та вимагалось винних в ухиленні від виконання розпоряджень центрального органу влади притягувати до відповідальності [17, арк.53].

Об'єктом правового регулювання була також інформація. Активний збір інформації про реалізацію державної політики у відносинах з церквою вели органи державної влади. Отримані у процесі своєї діяльності статистичні дані органи влади систематизували, частину інформації доводили до відома населення [18, арк.15зв.]. Відповідно до п.10 «Інструкції про порядок вилучення церковних цінностей на користь голодуючих» губернські комісії по вилученню церковних цінностей один раз на місяць мали публікувати детальний перелік цінностей, вилучених із місцевих храмів, синагог а інших культових споруд з обов'язковою їх вказівкою [19, арк.148].

При проведенні опису церковного майна у звітах обов'язково мали бути зазначені: рік побудови храму, рік перебудови храму, метал предметів, проба срібних предметів [19, арк.148].

В циркулярі адміністративного відділу НКВС за № 383/203 від 27 січня 1925 року, адресованому губернським адміністративним відділам, зазначалося, що відсутність відомостей про місцезнаходження релігійних общин у конкретних населених пунктах, а також відсутність даних про кількість членів релігійних общин [20, арк.56].

Характеризувати об'єкти відносин у сфері відокремлення церкви від держави і школи від церкви можна через об'єкти кримінально-правової охорони. Родовим об'єктом злочинів, визначених статтями 119 -124 прим.4 Кримінального кодексу УСРР 1922 року, були суспільні відносини по відокремленню церкви від держави, а безпосередніми, як приклад, були права та законні інтереси малолітніх та неповнолітніх, яким викладалися релігійні віровчення у державних та приватних навчальних закладах і школах [21, ст.121]; церковне майно, здане по договору віруючим (згідно із законодавством це майно було народним надбанням, але його приховували) [22, ст.125-4].

Таким чином, більшовицька держава, яка була наділена правом формувати закони, за порівняно нетривалий час сформувала нормативні основи відносин із суб'єктами культу.

Сформованим антирелігійним законодавством регулювалася досить широка сфера відносин і було визначено досить широке коло об'єктів таких відносин і правил поведінки суб'єктів із ними.

Об'єкти цих відносин різні за видом і їх можна поділити на матеріальні і нематеріальні, рухомі і нерухомі, головні речі і приналежності. Окрему мову можна вести про такий об'єкт як інформація.

Майно, що мало культове призначення, держава усупільнила, проголосила народним надбанням і встановила досить жорстка правила його кримінально-правової охорони та спеціальні правила обігу.

#### Посилання:

1. Конституція Української Радянської Соціалістичної Республіки/ Історія Української Конституції/Упоряд. А.Г. Слюсаренко, М.В. Томенко – К.: Право, 1997- 464с.

1. Яшин П.П. Релігія, держава і право. Навч. посібник – Х.: Нац.юрид.акад.України ім.Я.Мудрого, 1998- 17с.

2. Історія держави і права України. Частина 2 : Підр. Для юрид.вищ.навч.закл.і фак. : У 2 ч./А.Й.Рогожин, М.М. Страхов, В.Д. Гончаренко та ін.; за ред.акад. Академії правових наук України А.Й.Рогожина – К.: Ін Юре, 1996 –448с.

3. Державний архів Харківської області:ф.-Р.-203,оп.-1,спр.-1964,арк.-5.

4. Державний архів Чернігівської області:ф.-Р.-67,оп.-1,спр.-38,арк.-50.

5. Державний архів Чернігівської області:ф.-Р.-17,оп.-1,спр.-74,арк.-2.

6. Державний архів Полтавської області:ф.-Р.-3257,оп.-1,спр.-184,арк.-12.

7. Державний архів Чернігівської області:ф.-Р.-17,оп.-1,спр.-74,арк.-15.

8. Державний архів Харківської області: ф.-Р.-203, оп.-1, спр.-1964, арк.-42.
9. Державний архів Чернігівської області: ф.-Р.-67, оп.-1, спр.-38, арк.-121.
10. «Безвірник» - 1927- № 11 - 56с.
11. Державний архів Полтавської області: ф.-Р.-3257, оп.-1, спр.-168, арк.-9.
12. Державний архів Чернігівської області: ф.-Р.-17, оп.-1, спр.-14, арк.-45.
13. Центральний державний архів органів виконавчої влади України: ф.-Р.-5, оп.-1, спр.-1091, арк.-28.
14. Державний архів Харківської області: ф.-Р.-203, оп.-1, спр.-485, арк.-46.
15. Центральний державний архів органів виконавчої влади України: ф.-Р.-3984, оп.-1, спр.-410, арк.-1.
16. Центральний державний архів органів виконавчої влади України: ф.-Р.-5, оп.-1, спр.-2182, арк.-53.
17. Державний архів Полтавської області: ф.-Р.-3257, оп.-1, спр.-184, арк.-15зв.
18. Державний архів Полтавської області: ф.-Р.-3257, оп.-1, спр.-181, арк.-148.
19. Державний архів Чернігівської області: ф.-Р.-17, оп.-1, спр.-74, арк.-56.
20. Уголовный кодекс УССР/Издание Наркомюста УССР – X., 1922 – ст.121
21. Уголовный кодекс УССР/Издание Наркомюста УССР – X., 1922 – ст.125 прим.4.

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

УДК: 616.89-008.441.1-008.447-06

*Денисенко М.М.*  
ДУ «ІНПН НАМН України», м. Харків  
*Денисенко М.М.*  
ГУ "ІНПН НАМН України", г. Харьков

### **ФОРМУВАННЯ, ПЕРЕБІГ ТА КЛІНІЧНІ ПРОЯВИ ТРИВОЖНО-ФОБІЧНИХ РОЗЛАДІВ, ЩО КОМОРБІДНІ З АДИКЦІЯМИ**

#### **ФОРМИРОВАНИЕ, ТЕЧЕНИЕ И КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ТРЕВОЖНО-ФОБИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ, КОМОРБИДНЫХ С АДДИКЦИЯМИ**

В рамках клініко-психопатологічного дослідження проаналізовано особливості формування, перебігу, факторів психотравматизації та клінічного оформлення тривожно-фобічних розладів, що коморбідні з адикціями. Досліджена наявність та характер взаємозв'язку рівня виразності невротичної симптоматики з рівнем адиктивності хворих на тривожно-фобічні розлади. Виділено характерні клініко-психопатологічні ознаки тривожно-фобічного розладу з адикціями, які включають: наявність підгострого або затяжного початку захворювання; приступоподібного або безперервного типу перебігу; поєднання гострих та хронічних психотравмуючих чинників; високий рівень інтенсивності психопатологічної симптоматики, зокрема тривоги, obsesивно-фобічних та вегетативних порушень; поєднання провідного тривожного синдрому з депресивним та obsesивним з формуванням складних варіантів синдромокомплексів.

*Ключові слова:* тривожно-фобічні розлади, адикції, коморбідність, клініко-психопатологічні особливості.

В рамках клинко-психопатологического исследования проанализированы особенности формирования, течения, факторов психотравматизации и клинического оформления тревожно-фобических расстройств, коморбидных с аддикциями. Исследованно наличие и характер взаимосвязи уровня выраженности невротической симптоматики с уровнем аддиктивности больных тревожно-фобическими расстройствами. Выделены характерные клинко-психопатологические признаки тревожно-фобического расстройства с аддикциями, которые включают: наличие подострого или затяжного начала заболевания; приступообразного или непрерывного типа течения; сочетание острых и хронических психотравмирующих факторов; высокий уровень интенсивности психопатологической симптоматики, в частности тревоги, obsesивно-фобических и вегетативных нарушений; в сочетание ведущего тревожного синдрома с депрессивным и obsesивным с формированием сложных вариантов синдромокомплексов.

*Ключевые слова:* тревожно-фобические расстройства, аддикции, коморбидность, клинко-психопатологические особенности.

Епідеміологічна ситуація у сфері психічного здоров'я свідчить про значне зростання рівня психічної патології за останні роки. Так, за даними Європейської колегії нейропсихофармакології (ECNP) кількість осіб з розладами психічного здоров'я в Європі складає 1/3 населення. До найпоширеніших захворювань належать тривожні розлади (14%), інсомнії (7%), велика депресія (6,9%), соматоформні розлади (6,3%), алкогольна та хімічна залежності (4%) [2]. Характерною ознакою сучасних психічних розладів визнається тенденція до формування коморбідних форм психічної патології [6,9]. Феномен психіатричної коморбідності все частіше стає в центрі уваги науковців, однак на сьогодні все ще являє собою більше запитань, ніж відповідей [1,3,4,5,10]. В практичній площині окремої уваги потребує визначення особливостей клінічного оформлення коморбідних розладів для підвищення якості їх діагностики та лікування.

Метою даної роботи – дослідити клініко-психопатологічні особливості тривожно-фобічних розладів, що коморбідні з адикціями.

Методи: клініко-психопатологічне дослідження (збір та аналіз анамнестичних даних, жалоб та клінічного стану пацієнтів); система AUDIT–подібних тестів для комплексної оцінки адиктивного статусу (авт. Лінський І. В., Мінко О.І. та ін.); клінічний опитувальник для виявлення та оцінки невротичних станів (авт. К.К. Яхін, Д. М. Менделевич); а також клініко-статистичні методи аналізу отриманих даних (методи описової та порівняльної статистики, кореляційний аналіз) з використанням комп'ютерних програм Excel та SPSS [7,8].

В дослідженні взяли участь 49 осіб з тривожно-фобічними розладами (F 40.8), серед яких за даними AUDIT–подібних тестів виявилось 27 хворих з адикціями (основна група) та 22 особи без адикцій (контрольна група).

Результати аналізу особливостей формування та перебігу невротичних розладів у хворих досліджуваних груп представлено в таблиці 1. Згідно отриманих даних, у обстежених хворих на незалежно від групи порівняння спостерігалось переважання підгострого початку захворювання, як од-



ного з найпоширеніших варіантів формування невротизів. Однак, у хворих на тривожно-фобічні, що коморбідні з адикціями, окрім підгострого початку (55,56%) спостерігалось також переважання затяжного типу (33,33%) формування невротичного захворювання, в той час, як гострий початок захворювання у цих хворих зустрічався значно рідше - в 11,11% випадків, ніж у хворих без адикцій - в 36,36% випадків, відповідно, при  $p=0,0321$ . У хворих же без адикцій спостерігалось превалювання підгострого та гострого варіантів початку невротичної хвороби.

Аналіз особливостей перебігу невротичного розладу показав, що тривожно-фобічні розлади, коморбідні з адикціями характеризувались переважно приступоподібним (48,15%) та безперервним (33,33%) типом перебігу. В той час як перебіг тривожно-фобічних розладів без адикцій був переважно періодичним (45,45%) та приступоподібним (40,91%). Саме періодичний тип перебігу значно рідше спостерігався у хворих з адикціями при тривожно-фобічному невроті (18,52%), порівняно з хворими без адикцій (45,45%), при  $p=0,0331$ .

Таблиця 1

**Особливості формування та перебігу тривожно-фобічного розладу у хворих досліджуваних груп**

Критерій	З адикціями n=27		Без адикцій n=22		p
	Абс.	%	Абс.	%	
<b>Початок невротичної хвороби:</b>					
гострий	3	11,11	8	36,36	0,0321
підгострий	15	55,56	11	50	0,2102
затяжний	9	33,33	3	13,64	0,0782
<b>Перебіг невротичної хвороби:</b>					
періодичний	5	18,52	10	45,45	0,0331
приступоподібний	13	48,15	9	40,91	0,2
безперервний	9	33,33	3	13,64	0,0782
<b>Тривалість невротичної хвороби:</b>					
до 1 року	5	18,52	7	31,82	0,1492
до 3 років	12	44,44	10	45,45	0,2262
понад 3 роки	10	37,04	5	22,73	0,141
Примітки:					
* - Достовірність відмінностей між групами на рівні: $p<0,05$ виділено заливкою сірого кольору.					

За тривалістю хвороби статистичних відмінностей між групами порівняння отримано не було. Однак стає очевидною наступна тенденція: у хворих з адикціями тривожно-фобічні розлади характеризуються більшою тривалістю (більш ніж до 1 року, а саме до 3-х та понад 3-х років), порівняно з хворими без адикцій, в групі яких частіше зустрічається тривалість невротичного розладу до 1-го року.

Аналіз психогенних чинників у хворих груп обстеження представлено в таблиці 2. Так, за тривалістю дії психотравмуючих факторів отримано, що у хворих на тривожно-фобічні з адикціями значно частіше відмічалось поєднання хронічних та гострих психотравм (в 37,04% випадках), порівняно з хворими без адикцій (13,64%, при  $p=0,0495$ ). Поєднані психотравми значно посилювали дезадаптацію хворих та оказували дію за принципом останньої краплі.

**Провідні психотравмуючі чинники формування тривожно-фобічних розладів у хворих досліджуваних груп**

Фактори психотравматизації	З адикціями n=27		Без адикцій n=22		p
	Абс.	%	Абс.	%	
<b>За тривалістю дії:</b>					
гострі	6	22,22	10	45,45	0,0571
хронічні	11	40,74	10	45,45	0,2159
поєднані	10	37,04	3	13,64	0,0495
<b>За сферами життєдіяльності:</b>					
<b>Пов'язані з професійною діяльністю</b> (втрата роботи, службові конфлікти, напруга/навантаження на роботу, тощо)	7	25,93	5	27,73	0,2535
<b>Матеріально-побудові</b> (погіршення матеріально-побутового рівня життя, зміна місця проживання, тощо)	3	11,11	1	4,55	0,3037
<b>Пов'язані зі здоров'ям</b> (власна хвороба, хвороба близької людини, ятрогенії)	13	48,15	9	40,91	0,2008
<b>Сімейно-особистісні</b> (розпад сім'ї, сімейно-побутові конфлікти, відсутність емоційної підтримки, ревності, зрада)	14	51,85	11	50	0,2239
<b>Емоційно-ізоляційні</b> (пов'язані з відчуттям самотності)	6	22,22	1	4,55	0,0758
<b>Стресові потрясіння</b> (ДТП, нещасні випадки, арешти, злочинні дії і т.ін.)	2	7,41	2	9,09	0,3827
Примітки:					
* - Достовірність відмінностей між групами на рівні: $p < 0,05$ виділено заливкою сірого кольору					

При аналізі психотравмуючих чинників за сферами життєдіяльності значущих відмінностей за групами порівняння у хворих на тривожно-фобічні. Серед факторів психотравматизації у хворих на тривожно-фобічні розлади обох груп превалювали сімейно-особистісні психотравми (51,85% - у хворих з адикціями та 50% - у хворих без адикцій) та психотравми пов'язані зі здоров'ям (48,15% у хворих без адикцій та 40,91% - у хворих без адикцій). Відмінності між групами порівняння відмічались лише на рівні тенденції за представленістю емоційно-ізоляційних факторів, які частіше відмічали хворі на адикції (в 22,22% випадків), в той час як хворі без адикцій вказували на ці фактори в 4,55% випадків.

Особливості та виразність невротичної симптоматики у обстежених осіб оцінювалась за допомогою клінічного опитувальника для виявлення та оцінки невротичних станів К. К. Яхіна та Д. М. Менделевича (таблиця 3). Слід зазначити, що діагностичні коефіцієнти оцінки рівня невротизації за даним опитувальником мають зворотне значення та є показниками самооцінки свого стану безпосередньо хворим: чим нижчий показник, тим вищий рівень невротизації, і навпаки. Критичним рівнем, що

свідчить про наявність хворобливих проявів за розладами, які оцінюються є показник «-1,28».

Згідно отриманих даних, хворі на тривожно-фобічні розлади, що коморбідні з адикціями відмічали значно вищий рівень виразності тривоги (-3,44±0,87, при  $p=0,01$ ), обсесивно-фобічних (-4,49±0,68, при  $p=0,0025$ ) та вегетативних (-3,96±1,43, при  $p=0,027$ ) порушень, порівняно з хворими тієї ж форми неврозу без адикцій в клінічній картині (-0,16±0,86; -1,4±0,75; 0,25±1,14, відповідно). Тобто саме інтенсивність провідної симптоматики (тривоги, фобій та обсесій), а також вегетативних порушень у хворих з адикціями була значно вищою. В клініці тривожно-фобічних розладів, що коморбідні з адикціями переважали обсесивно-фобічні розлади (-4,49±0,68), вегетативні прояви (-3,96±1,43), астенизація (-3,50±0,87) та тривога (-3,44±0,87). В той час, як клінічна картина тривожно-фобічних розладів без адикцій характеризувались наявністю астеничної симптоматики (-1,72±0,95) та обсесивно-фобічних порушень (-1,4±0,75), однак значно меншого рівня виразності, ніж у хворих з адикціями.

Таблиця 3.

**Виразність невротичної симптоматики у хворих на тривожно-фобічні розлади досліджуваних груп (результати обстеження за допомогою опитувальника Яхіна-Менделевича)**

Шкали (невротичні симптоми)	З адикціями n=27	Без адикцій n=22	p
Тривога	-3,44±0,87	-0,16±0,86	0,0107
Невротична депресія	-0,89±0,91	0,72±0,78	0,1761
Астенія	-3,50±0,87	-1,72±0,95	0,1852
Істеричний тип реагування	-1,57±0,89	0,02±0,76	0,1802
Обсесивно-фобічні порушення	-4,49±0,68	-1,4±0,75	0,0025
Вегетативні порушення	-3,96±1,43	0,25±1,14	0,027

Примітки:

\* - Значення подано у форматі "Середня арифметична ± стандартна похибка середньої арифметичної" (M±m).

\*\* - Достовірність відмінностей між групами на рівні: p<0,05; p<0,01 виділено заливкою сірого кольору різної інтенсивності.

Отримані дані доповнялись оцінкою провідних клініко-психопатологічних синдромів в групах обстежених осіб, результати якої графічно відображено на рисунку 1.

Згідно наведених даних, синдромальна структура тривожно-фобічних розладів незалежно від групи порівняння характеризувалась наявністю складних синдромокомплексів, що складались з поєднання провідного тривожного синдрому з іншими синдромами. При цьому, у хворих на невротичні тривожно-фобічні з коморбідними адикціями провідний тривожний синдром здебільшого поєднувався з депресивним (48,1%) та обсесивним (40,7%) з формуванням складних тривожно-депресивного і тривожно-обсесивного варіантів синдромокомплексів з виразним сомато-вегетативним забарвленням. Сомато-вететативні прояви склали переважно пароксизмальні стани у вигляді коливання тиску, запаморочення, головних болей, слаб-

кості, тахікардії, стенокардії, розладів стулу, одишки, спітнілості, приливів, ознобів, дрожі та тремору.

В структурі ж тривожно-фобічних розладів, що не були ускладнені адикціями, спостерігалось переважне поєднання провідного тривожного синдрому з астенічними (54,5%), фобічними (36,4%) та іпохондричними (36,4%) проявами з формуванням тривожно-фобічного, тривожно-астенічного та тривожно-іпохондричного синдромокомплексів. За даними порівняльного аналізу груп дослідження встановлено, що в синдромальній структурі тривожно-фобічних розладів з адикціями, значно частіше фіксувався депресивний синдром (48,1%), ніж у хворих без адикцій – 22,7%, при p=0,0457. В той час як астенічний та іпохондричний синдроми значно частіше були представлені в структурі тривожно-фобічного розладу без адикцій - в 54,5% та 36,4% випадків, відповідно до 29,6% та 11,1% в групі хворих з адикціями, при p=0,05 та p=0,0321.

**F 40.8**

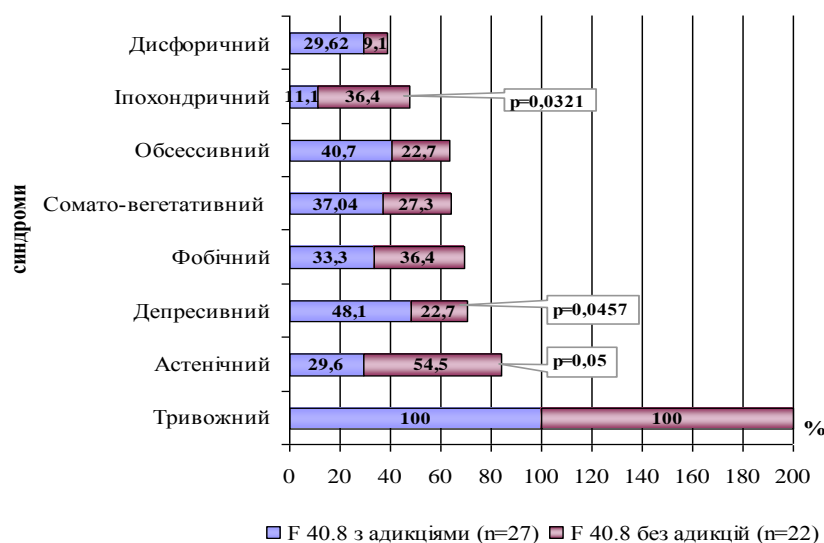


Рисунок 1. Синдромальна структура тривожно-фобічних розладів (F 40.8) за групами порівняння

Для встановлення наявності та характеру взаємозв'язків між виразністю невротичної симптоматики (за даними опитувальника Яхіна-Менделевича) та адиктивними тенденціями (за даними AUDIT-тестів) було проведено кореляційний аналіз зазначених показників, результати якого графічно відображено на рисунку 2 (представлено лише достовірні кореляції). Характер отриманих кореляцій свідчить про наявність прямих зв'язків між рівнем невротизації та адиктивності, тобто чим вищий рівень виразності зазначеної невротичної симптоматики, тим вищий рівень адиктивності, і навпаки.

Високий рівень обсессивності при тривожно-фобічних розладах пов'язаний зі зловживанням снодійно-седативними речовинами ( $r=-0,51$ ), ТБ ( $r=-0,46$ ), шопінгом ( $r=-0,44$ ), їжею ( $r=-0,38$ ), роботою ( $r=-0,35$ ), чаєм/кавою ( $r=-0,33$ ) та алкоголем ( $r=-0,32$ ), і навпаки: низькі показники рівня обсессивності свідчать про низький рівень адиктивності за наведеними об'єктами.

Рівень тривоги прямо корелює з шопінгом ( $r=0,55$ ), зловживанням снодійно-седативними речовинами ( $r=0,54$ ), їжею ( $r=0,43$ ), ТБ і чаєм/кавою

( $r=0,36$ ) та роботою ( $r=0,33$ ). Виразність вегетативних порушень пов'язана зі зловживанням снодійно-седативними речовинами ( $r=0,54$ ), шопінгом ( $r=0,38$ ), переглядом ТБ ( $r=0,37$ ) та роботою ( $r=0,33$ ). Істеричний тип реагування корелює з виразністю наступних адикцій: ТБ ( $r=0,36$ ), секс та алкоголь ( $r=0,35$ ). Виразність астеничної симптоматики тісно пов'язана зі зловживанням снодійно-седативними речовинами ( $r=0,46$ ) та ТБ ( $r=0,35$ ). Виразність депресивної симптоматики при тривожно-фобічних розладах має найменшу кількість достовірних кореляцій та пов'язана лише з шопінгом ( $r=0,42$ ).

Адиктивні вподобання, як захоплення інтернетом, комп'ютерними іграми, читанням, тютюнопалінням та психостимуляторами у хворих на тривожно-фобічні розлади не пов'язані з невротичною симптоматикою. Вживання таких адиктивних об'єктів як, захоплення азартними іграми, вживання канабіноїдів, ЛОС, галюциногенів та опіоїдів було не притаманно, або ж замовчувалось хворими на тривожно-фобічні розлади.

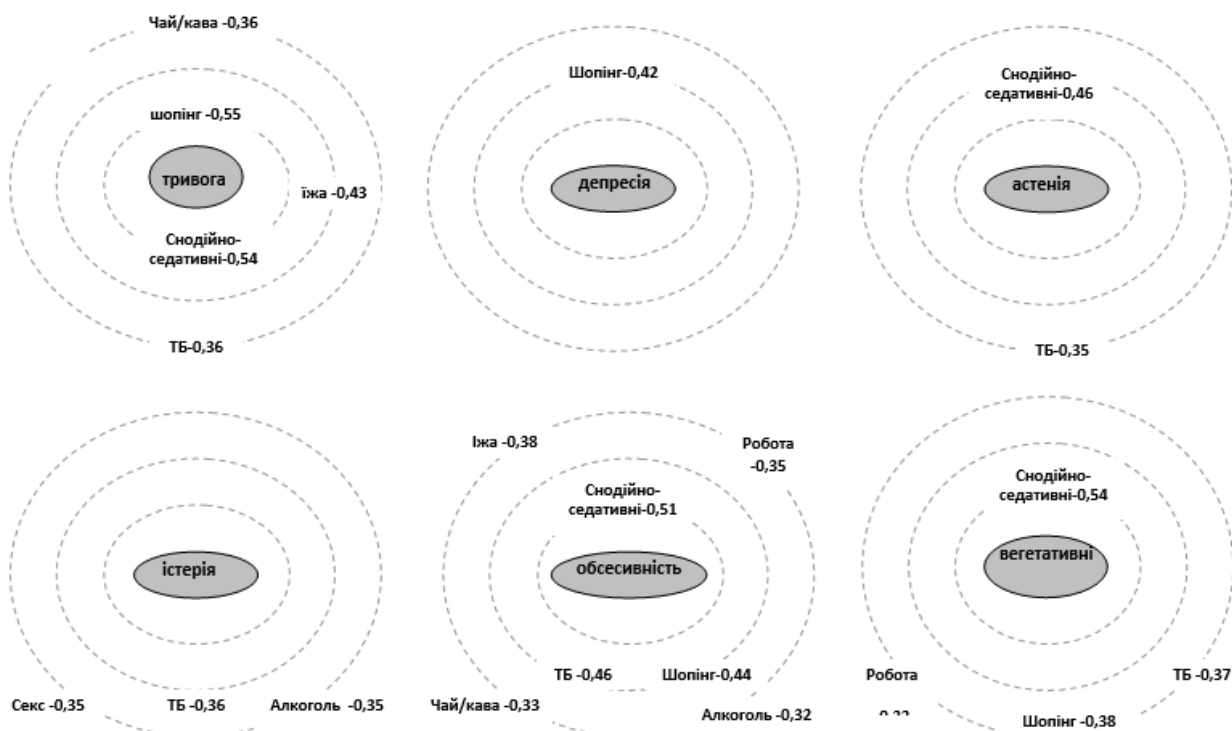


Рисунок 2. Кореляційний простір «симптом-адикції» у хворих на тривожно-фобічні розлади (F 40.8)

Загалом проведене дослідження дозволяє виділити наступні клініко-психопатологічні характеристики тривожно-фобічних розладів, що коморбідні з адикціями: наявність підгострого або затяжного початку захворювання з приступоподібним або безперервним типом перебігу; поєднання гострих та хронічних психотравмуючих чинників; високий рівень інтенсивності психопатологічної симптоматики, зокрема тривоги, обсессивно-фобічних та веге-

тативних порушень; поєднання провідного тривожного синдрому з депресивним та обсессивним з формуванням складних варіантів синдромокомплексів з виразним сомато-вегетативним забарвленням. Встановлена також наявність прямих кореляцій між рівнем виразності окремої невротичної симптоматики з рівнем адиктивності за конкретними об'єктами вживання.

**Список літератури**

1. Автономов Д.А. Проблема тревоги, аддикции и «новых» симптомов у современных пациентов с позиции психоанализа//Наркология. - №8. - 2011. - с. 82-87
2. Волошин П. В., Марута Н. А. Стратегия охраны психического здоровья населения Украины: современные возможности и препятствия // Український вісник психоневрології . - 2015. - Том 23. - випуск 1 (82). - с.5-11.
3. Гуревич Г.Л. Коморбидные расстройства в наркологической практике. - М.: ИД «Медпрактика-М». - 2007. - 120с.
4. Зальмуни К.Ю., Менделевич В.Д. Химические и нехимические аддикции в аспекте сравнительной аддиктологии // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С.Корсакова. Спецвыпуск. -2014. - 114 (5). - с.3-8.
5. Зільберблат Г. М. Реформування психіатричної служби крізь призму наркологічних проблем// Український вісник психоневрології . - 2015. - Том 23. - випуск 3 (84). - с.74-78.
6. Марута, Н.А. Проблема коморбидности в современной психиатрии. Теоретический, клинический, терапевтический и организационные аспекты // Здоров'я України. - 2013. - 30.12.2013. - с.38-39.
7. Менделевич В.Д. Психология девиантного поведения. Учебное пособие. - СПб.: Речь, 2005. - 445с.
8. Система AUDIT-подобных тестов для комплексной оценки аддиктивного статуса индивида и популяции /Линский И.В., Минко А.И., Артемчук А.Ф., Гриневич Е.Г. и др. // Новости украинской психиатрии. - Киев-Харьков, 2009. - Режим доступа: <http://www.psychiatry.ua/articles/paper313.htm>.
9. Comorbidity of Mental and Physical Disorders / N. Sartorius, R.I.G. Holt, Maj M. / Key Issues in Mental Health. - 2015. - Vol. 179. - 188 p.
10. Van Praag H.M. Comorbidity in psychiatry // Br. J. Psychiatry. - 1996. - Vol. 168, suppl. 30. - P. 129-134.

- Knyazev Oleg Vladimirovich**  
Doctor of science, Head of department of treatment inflammatory bowel diseases,  
Moscow Clinical Research Center
- Khomeriki Sergey Germanovich**  
Doctor of science, Professor, Head of Department Pathomorphology  
Moscow Clinical Research Center
- Trubitsyna Irina Evgenyevna**  
Doctor of science, Professor, Head of the Laboratory of preclinical studies  
Moscow Clinical Research Center
- Konoplaynnikov Anatoliy Georgievich**  
Doctor of science, Professor,  
Head of department experimental radiotherapy and cells therapy,  
Medical Radiological Research Center, Obninsk
- Kagramanova Anna Valeryevna**  
Scientist researcher of department of inflammatory bowel diseases,  
Moscow Clinical Research Center
- Ruchkina Irina Nikolaevna**  
Doctor of Science, Head scientist of department of inflammatory bowel diseases,  
Moscow Clinical Research Center
- Fadeeva Nina Alexandrovna**  
Scientist researcher of department of inflammatory bowel diseases,  
Moscow Clinical Research Center
- Boldyreva Oxana Nikolaevna**  
Junior scientist researcher of department of inflammatory bowel diseases,  
Moscow Clinical Research Center
- Lishchinskaya Albina Alexandrovna**  
Scientist researcher of department of inflammatory bowel diseases,  
Moscow Clinical Research Center
- Babayan Anait Fahrardovna**  
Scientist researcher of department of inflammatory bowel diseases,  
Moscow Clinical Research Center
- Князев Олег Владимирович**  
д.м.н., заведующий отделением воспалительных заболеваний кишечника,  
ГБУЗ Московский клинический научно-практический центр ДЗ г. Москвы
- Хомерики Сергей Германович**  
д.м.н., профессор, заведующий отделом патоморфологии  
ГБУЗ Московский клинический научно-практический центр ДЗ г. Москвы
- Трубицына Ирина Евгеньевна**  
д.м.н., профессор, заведующая лабораторией доклинических исследований  
ГБУЗ Московский клинический научно-практический центр ДЗ г. Москвы
- Коноплянников Анатолий Георгиевич**  
д.м.н., профессор, заведующий отделением клеточной и экспериментальной лучевой терапии,  
Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба
- Каграманова Анна Валерьевна**  
к.м.н., старший научный сотрудник отделения воспалительных заболеваний кишечника,  
ГБУЗ Московский клинический научно-практический центр ДЗ г. Москвы
- Ручкина Ирина Николаевна**  
д.м.н., ведущий научный сотрудник отделения воспалительных заболеваний кишечника,  
ГБУЗ Московский клинический научно-практический центр ДЗ г. Москвы
- Фадеева Нина Александровна**  
к.м.н., старший научный сотрудник отделения воспалительных заболеваний кишечника,  
ГБУЗ Московский клинический научно-практический центр ДЗ г. Москвы
- Болдырева Оксана Николаевна**  
к.м.н., научный сотрудник отделения воспалительных заболеваний кишечника,  
ГБУЗ Московский клинический научно-практический центр ДЗ г. Москвы
- Лищинская Альбина Александровна**  
к.м.н., научный сотрудник отделения воспалительных заболеваний кишечника,  
ГБУЗ Московский клинический научно-практический центр ДЗ г. Москвы
- Бабаян Анаит Фахрадовна**  
научный сотрудник отделения воспалительных заболеваний кишечника, ГБУЗ Московский клиниче-  
ский научно-практический центр ДЗ г. Москвы

**REGENERATIVE PROPERTIES OF MESENCHYMAL STROMAL CELLS OF BONE MARROW OF MODEL ULCERATIVE COLITIS****РЕГЕНЕРАТИВНЫЕ СВОЙСТВА МЕЗЕНХИМАЛЬНЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК КОСТНОГО МОЗГА НА МОДЕЛИ ЯЗВЕННОГО КОЛИТА**

**Summary.** Transplantation of allogenic mesenchymal stromal cells (MSCs) is used for the stimulation of reparative processes in various organs and tissues. The aim of our work was to assess the reparative potential of MSCs to bone marrow in acute and chronic damage to the intestines of Wistar rats induced by sodium dextran-sulfate (DS). An experiment to study the reparative capacity and safety of transplantation of MSCs bone marrow in acute and chronic intestinal damage induced by sodium DS was carried out on Wistar rats. Transplantation of mesenchymal stromal cells in this experiment showed improvement of the histological picture of the intestinal mucosa. Experience has demonstrated the feasibility of this method in the field of medical use of stem cells the type that is aimed at increasing the effectiveness of therapy of chronic inflammatory bowel diseases

*Key words:* mesenchymal stromal cells, reparative processes, inflammatory bowel diseases, model of colitis.

**Резюме.** Трансплантация аллогенных мезенхимальных стромальных клеток (МСК) используется для стимуляции репаративных процессов в самых различных органах и тканях. Цель нашей работы заключалась в оценке репаративного потенциала МСК костного мозга при остром и хроническом повреждении кишечника у крыс линии Вистар, индуцированном натрий декстран-сульфатом (ДС). Эксперимент по изучению репаративного потенциала и безопасности трансплантации МСК костного мозга при остром и хроническом поражении кишечника, индуцированном натрий ДС был проведен на крысах линии Вистар. Трансплантация мезенхимальных стромальных клеток в данном эксперименте продемонстрировала улучшение гистологической картины слизистой оболочки кишки. Опыт продемонстрировал перспективность данного метода в области медицинского использования клеток стволового типа, направленного на повышение эффективности терапии хронических воспалительных заболеваний кишечника.

*Ключевые слова:* воспалительные заболевания кишечника, мезенхимальные стромальные клетки, репаративный потенциал, экспериментальный колит

Воспалительные заболевания кишечника (ВЗК), к которым относят язвенный колит (ЯК) и болезнь Крона (БК), по уровню заболеваемости значительно уступают другим заболеваниям органов пищеварения, но по тяжести течения, частоте осложнений и летальности они во всем мире занимают одно из ведущих положений в структуре болезней желудочно-кишечного тракта. Результаты проведенных больших контролируемых исследований свидетельствуют о постоянном росте заболеваемости этой патологией в мире [1]. В США и странах Западной Европы отмечаются более высокие темпы заболеваемости ЯК и БК, чем в других странах мира. Ежегодно в США регистрируется более 1 миллиона новых случаев ВЗК, причем 50% случаев приходится на ЯК и 50% - на БК [2,3]. Обе формы ВЗК повышают риск развития рака толстой кишки, и обе патологии значительно увеличивают общую заболеваемость и смертность. Дебютируя в раннем возрасте, ЯК и БК сохраняют свою активность на протяжении длительного времени, приводя в конечном итоге к инвалидизации.

Благодаря глубинному изучению и пониманию патогенеза ВЗК с применением новых диагностических возможностей (иммунологических, иммуногистохимических, генетических и др.), созданы новые классы лекарственных средств - селективные иммунодепрессанты, действующие на мишени, участвующие в механизме развития воспалительного процесса [4].

Достижения в терапии ВЗК, совершенная разработкой и внедрением генно-инженерных биологических препаратов (ГИБП), позволила поставить

новые цели в лечении больных ВЗК: индукция быстрого ответа и сохранение клинической ремиссии после отмены стероидов, полное и стойкое заживление слизистой оболочки кишки во всех сегментах, профилактика осложнений и оперативных вмешательств, снижение частоты госпитализаций и уменьшение продолжительности госпитализаций, минимизация риска развития осложнений заболевания и осложнений, связанных с терапией, улучшение качества жизни пациентов. Среди селективных иммуносупрессоров, зарегистрированных в РФ к настоящему времени (2017 г.) для лечения больных ВЗК, в арсенале врача-гастроэнтеролога имеется 5 ГИБП - инфликсимаб, адалимумаб, цертолизумаб пэгол, голimumаб и ведолизумаб. Но, несмотря на очевидные достижения в терапии ВЗК, проблема фармакотерапии остается до конца не решенной, около 30% больных ВЗК нуждаются в проведении альтернативной биологической терапии [5], примерно 20-40% пациентам требуется хирургическое вмешательство, хотя и после этого заболевания часто рецидивируют.

Благодаря внедрению в медицинскую практику достижений фундаментальных исследований в области молекулярной и клеточной биологии, стало возможным разработка новых способов лечения с использованием стволовых клеток, которое получило название «регенеративная медицина» [6].

Сведения о биологии мезенхимальных стромальных клеток (МСК), открытых А.Я. Фридинштейном в 1968 году, значительно расширилось за последнее десятилетие [7,8]. Известно, что они про-

дуцируют определенные цитокины и ростовые факторы. Список цитокинов включает в себя такие факторы, как интерлейкины-6, -7, -8, -11, -12, -14, колониестимулирующие факторы (гранулоцитарный, макрофагальный), LIF, лиганд Flt-3 и SCF [9]. МСК также тесно связаны с эндотелиальными клетками и остеобластами. Имеющиеся в настоящее время публикации свидетельствуют о том, что МСК костного мозга обладают очень широкой пластичностью. Многолетние исследования показали, что эти клетки обладают способностью дифференцироваться в костную, хрящевую и соединительную ткани, костномозговые элементы, миобласты, кардиомиоциты, эндотелиальные клетки, нервные клетки, эпителиальные клетки легких.

В последние годы, МСК применяются для лечения хронических воспалительных и аутоиммунных заболеваний (включая ревматоидный артрит, воспалительные заболевания кишечника и др.) на доклиническом и клиническом уровнях [10-15].

Терапевтическая ценность МСК основана на способности модулировать функции иммунных клеток. При этом важными участниками этого процесса считаются паракринные эффекты, которые осуществляются посредством широкого разнообразия растворимых факторов (особенно важным является метаболизм триптофана, регулируемый с помощью активности фермента индоламин 2,3-диоксигеназы (IDO)) и усиления активности регуляторных Т клеток (T reg) [16-18]. Индоламин 2,3-диоксигеназа является цитоплазматическим ферментом, который участвует в катаболическом метаболизме триптофана и известен способностью модулировать иммунную систему и индуцировать иммунологическую толерантность. IDO индуцируется через провоспалительные медиаторы и цитокины, главным образом интерферон  $\gamma$  (ИФН- $\gamma$ ). В ответ на ИФН- $\gamma$ , клетки жировой ткани экспрессируют IDO и концентрация триптофана соответственно быстро снижается в окружающей среде наряду с накоплением кинуренина. В результате подобной модуляции метаболизма триптофана, происходит ингибирование пролиферации лимфоцитов [16-18].

Кроме этой иммуномодулирующей способности, дополнительным возможным преимуществом клинического применения МСК является то, что стволовые клетки обладают низкой иммуногенностью. Это связано с тем, что в нестимулированных МСК экспрессия HLA 1 класса очень низкая, а HLA 2 класса и классические костимулирующие молекулы CD40, CD80 и CD86 не обнаруживаются. Было показано, что стимуляция ИФН- $\gamma$  повышает оба класса молекул I и II, не влияя на экспрессию CD40, CD80 и CD86. [19-22]

Таким образом было выдвинуто предположение, что эти свойства могут позволять МСК избегать иммунологического аллогенного распознавания, однако, в настоящее время это является предметом для дискуссии [23].

Последние десятилетие во многих лабораториях мира проводятся попытки использования

трансплантаций МСК и их частично дифференцированного потомства для терапии поражений различных органов и тканей в опытах на лабораторных животных с использованием экспериментальных моделей [24,25] самых различных заболеваний – кардиомиодистрофии [26], инфаркта миокарда [27], нейро-дегенеративных заболеваний [28], диабета, пневмофиброза [29], цирроза печени [30], почечной недостаточности [31], травм костей [32], заболеваний опорно-двигательного аппарата [33], повреждений поджелудочной железы [34]. Кроме того, трансплантации МСК с введенными в клетки генами может послужить основой для нового и успешного направления в генотерапии различных заболеваний, в том числе и злокачественных новообразований [35].

Таким образом, экспериментальное изучение возможности использования трансплантаций аллогенных МСК и их частично дифференцированного потомства для стимуляции репаративных процессов в самых различных органах и тканях стало актуальной задачей современной биологии и медицины.

**Цель** нашей работы заключалась в оценке репаративного потенциала МСК костного мозга при остром и хроническом повреждении кишечника у крыс линии Вистар, индуцированном натрий декстран-сульфатом.

**Материалы и методы.** Эксперимент по изучению репаративного потенциала и безопасности трансплантации МСК костного мозга при остром и хроническом поражении кишечника, индуцированном натрий декстран-сульфатом (ДС) был проведен на крысах линии Вистар.

**Животные.** Опыты проводился на взрослых половозрелых крысах линии Вистар, самцах, в возрасте в начале опыта 2.5 месяца, массой 120-140 г. На каждую временную точку для проведения определенных тестов бралось по 6-8 животных.

**Модель поражения кишечника.** Для получения острой формы поражения кишечника крысы получали с питьем 10% водный раствор ДС в течение недели. Для получения хронической формы поражения кишечника крысы получали с питьем 10% водный раствор ДС в течение недели, затем следовал перерыв 2 недели и процедура еще дважды повторялась.

**Аутологичные МСК.** Клеточный материал под нембуталовым наркозом у крыс брали в строго стерильных условиях, при клеточности полученного материала порядка  $10^7$  клеток и помещали в пробирки с гепарином (100 ЕД/мл пунктата). После получения исходного пунктата костного мозга и отстаивания эритроцитов в течение 1-2 часов при комнатной температуре супернатант отсасывали пастеровской пипеткой, а выделенные клетки отмывали в среде 199 («Sigma», USA), центрифугировали при 1000 об/мин в течение 10 мин, осадок ресуспендировали в ростовой среде. В качестве начальной ростовой среды служила среда RPMI-1640 (фирма «Sigma», USA), содержащая пенициллин (100 ЕД/мл), амфотерицин (100 нг/мл), L-



глутамин 2 мМ (фирма “Sigma”, USA), 20% эмбриональной телячьей сыворотки (фирма “Sigma”, USA). Культивирование проводилось в пластиковых флаконах Карреля (“Sigma”, USA) с площадью дна 25 см<sup>2</sup>, в которые вносили 5x10<sup>6</sup>–10<sup>7</sup> клеток костного мозга в 8 мл ростовой среды. В случае необходимости определить эффективность клонирования (ЭКО) посеянных клеток во флаконы вносились меньшие количества клеток, чтобы иметь возможность подсчитать число выросших колоний. Флаконы продували газовой смесью, содержащей 5% углекислого газа и 95% воздуха, и помещали их в обычный термостат 37°C. Продувание флаконов такой газовой смесью проводили каждый раз, когда меняли среду или пересеивали клетки в новые культуральные флаконы. При достижении сливного (конфлюэнтного) монослоя клетки пересеивали с использованием 0,25% раствора трипсина (“Sigma”, USA) в новые флаконы вначале с той же площадью дна (25 см<sup>2</sup>), а впоследствии при нарастании клеточной массы – в большие культуральные флаконы с площадью дна 175 см<sup>2</sup> (“Sigma”, USA). Образцы культивируемых клеток проходят проверку на флуоресцентном клеточном сепараторе (FACS Aria, Becton–Dickinson Biosciences, San Jose, CA, USA) для определения экспрессии антигенов мезенхимальных стволовых клеток с использованием анти- CD29, CD90, CD45 and CD11b FACS Aria, Becton–Dickinson Biosciences, San Jose, CA, USA). МСК вводили в/в в количестве 2x10<sup>6</sup> клеток в 0,5 мл физиологического раствора однократно после завершения приема ДС.

**Тестирование эффекта.** Для оценки эффекта использовались данные о выживаемости в течение 2-х месяцев после введения МСК, динамике массы тела и кишечника, изменению гистологической картины кишечника у животных, забитых через 1 и 2 недели после введения МСК, динамике хемилюминесцентной активности перитонеальных макрофагов крыс.



Рис. 1. Схема взятия материала кишки

После фиксации материал обезвоживали в спиртах восходящей концентрации и заключали в парафин. Гистологические срезы толщиной 5 мкм, окрашенные гематоксилином и эозином, изучали в световом микроскопе AxioScore.A1 (Zeiss). Морфометрические исследования на приготовленных таким способом гистологических препаратах были

**Формируемые группы контрольных и экспериментальных животных.** В опытах формировались следующие группы:

- интактные животные, 12 шт;
- животные в модели острого поражения, 12 шт;
- животные в модели хронического поражения, 12 шт;
- животные в модели острого поражения, леченные МСК, 12 шт;
- животные в модели хронического поражения, леченные МСК, 12 шт.

**Проведение опыта.** Формирование групп, затравка ДС, введение МСК, наблюдение, забой и фиксация материала, анализ хемилюминесценции ПМ проводился в Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба - филиал федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский радиологический центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации; морфологический анализ данных – в ГБУЗ «Московский клинический научно-практический центр Департамента здравоохранения Москвы». Все крысы эксперимента имели сквозную нумерацию в соответствии с последовательностью забоя.

Забой на морфологическое исследование осуществлялся в лаборатории отделения клеточной и экспериментальной лучевой терапии Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба, г. Обнинск. Контрольную группу исключили, поскольку не было необходимости в проведении морфологического исследования. У всех животных по всем группам на морфологию брали участки тонкой и толстой кишок в месте перехода тонкой кишки в толстую. Материал фиксировали в 10% нейтральном формалине и хранили до транспортировки в холодильнике.

выполнены с помощью автоматизированной системы анализа видеоизображений «Cito-W» фирмы «Диаморф» (Россия).

**Результаты и обсуждение.** Наиболее выраженные изменения при острой затравке ДС наблюдались в слизистой оболочке подвздошной кишки: отмечалось резкое уменьшение высоты кишечных ворсин, в ряде случаев кишечные ворсинки вовсе отсутствовали, глубина крипт резко увеличивалась,

наблюдалось увеличение количества межэпителиальных лимфоцитов и усиление лимфоцитарной инфильтрации собственной пластинки (рис.2). В толстой кишке наблюдались картины выраженной дистрофии и десквамации клеток поверхностного эпителия и нарушение архитектоники

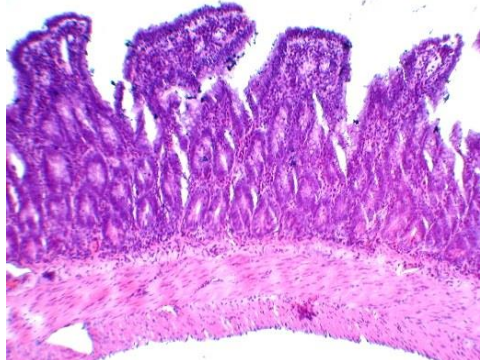


Рис. 2. Уменьшение высоты кишечных ворсин, увеличение глубины крипт. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение X 250.

крипт. У отдельных животных наблюдалась дилатация сосудов подслизистого слоя, клетки эпителия крипт находились в состоянии выраженной дистрофии и некробиоза. В просвете крипт встречались скопления лейкоцитов (рис.3).

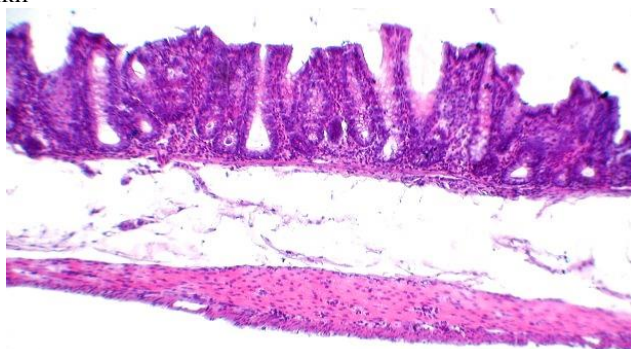


Рис. 3. Дилатация сосудов подслизистого слоя, клетки эпителия в состоянии выраженной дистрофии и некробиоза. В просвете крипт скопления лейкоцитов. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение X 250.

Введение МСК в серии с острой затравкой существенно улучшало гистологическую картину слизистой подвздошной кишки: высота кишечных ворсин хотя и была в ряде случаев снижена, однако в целом соответствовала их состоянию в контрольной группе. В слизистой оболочке толстой кишки, нормализовалась архитектура крипт. Тем не менее, изменения клеток эпителия были заметны: отсутствовала щеточная кайма энтероцитов, сохранялась лимфоцитарная инфильтрация собственной пластинки (Рис.4).

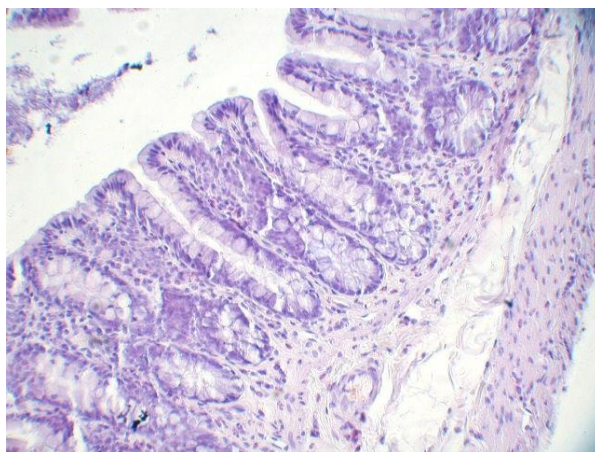


Рис. 4. Восстановление нормальной структуры слизистой оболочки толстой кишки, но сохраняется лимфоцитарная инфильтрация собственной пластинки. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение X 500.

В серии опыта с хронической затравкой декстран-сульфатом, по сравнению с острой, через 2 месяца после введения МСК гистологическая картина значительно улучшилась. Практически восстанавливалась нормальная структура кишечных ворсин и крипт в подвздошной кишке. Высокие ворсины были выстланы хорошо дифференцированными клетками с четко выраженной щеточной каймой. В базальных отделах крипт встречались панетовские клетки. (Рис.5).

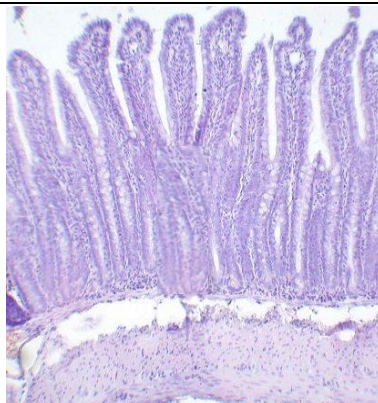


Рис. 5. Восстановление высоты кишечных ворсин через 2 месяца после введения МСК. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение X 250.

Введение МСК резко активизировало пролиферативные процессы в слизистой оболочке толстой кишки за счёт гиперплазии клеток эпителия крипт. Наблюдалось усиление образования мелких

и крупных лимфатических фолликулов как в слизистой оболочке, так и в подслизистом слое. Увеличивалось количество бокаловидных клеток как в эпителии крипт, так и среди клеток поверхностного эпителия. (Рис.6 а,б,в,г).

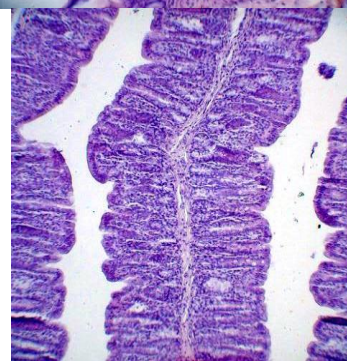
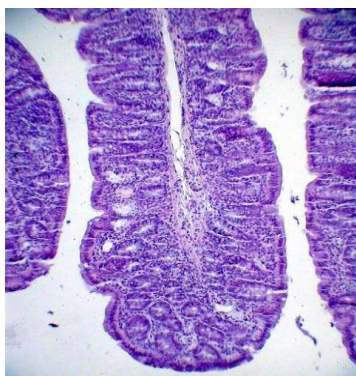
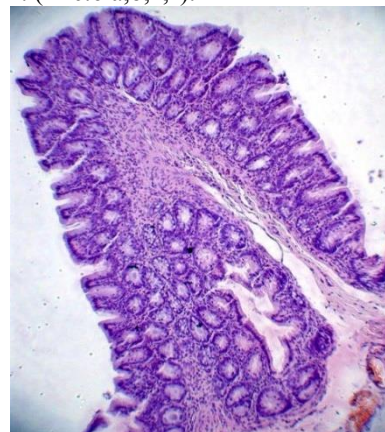
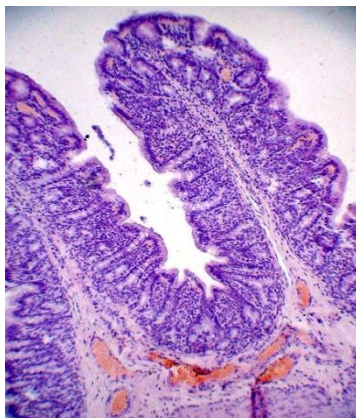


Рис. 6 а,б,в,г. Активизация пролиферативных процессов: гиперплазия эпителия толстой кишки и увеличение количества бокаловидных клеток в эпителии. Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение X 120.

Хотя точные механизмы иммунорегуляторного действия аутологических и аллогенных МСК и, как следствие, стимуляция процессов регенерации, до конца не известны, большинство исследований показывают, что они осуществляются с помощью растворимых факторов. К этим факторам относят: TGF- $\beta$ 1, фактор роста гепатоцитов (HGF), простагландин E2 (PGE2) и индоламин 2,3-диоксигеназу [36]. МСК КМ также экспрессируют высокий уровень фактора стромальных клеток-1 (SDF-1) [37]. К настоящему времени установлено, что МСК в усло-

виях in vitro и in vivo могут выделять в окружающую среду следующие биологически активные продукты: сосудистый эндотелиальный ростовой фактор (VEGF, возможно, что вариант VEGF-D) [38]; гепатоцитарный ростовой фактор (HGF); адреномедулин; инсулиноподобный ростовой фактора 1 (IGF-1); трансформирующий фактор роста  $\beta$ 3 (TGF- $\beta$ 3) [39]; плацентарный ростовой фактор (PGF); тромбоцитарный ростовой фактор-А (PGF-A); ростовой фактор соединительной ткани; молекула-1 адгезии нейральных клеток; колониестиму-



лирующий фактор 1 для предшественников В-клеток (PBEF1); гепарин-связывающий EGF-подобный ростовой фактор (HB-EGF); матричная металлопротеиназа-9 (ММР-9) [40,41] и, по-видимому, есть еще ряд других, еще не идентифицированных агентов [42]. Данные биологически активные соединения обладают ангиогенным, антиапоптотическим, антиоксидантным и митогенным эффектом, что позволяет активировать репаративные процессы на самых различных уровнях, в том числе, и на уровне, так называемых, резидентных стволовых клеток, к которым относятся недавно обнаруженные стволовые клетки сердца [43]. Еще меньше известно о механизмах реализации репаративного эффекта у МСК. Имеющиеся немногочисленные публикации в основном только констатируют наличие репаративного эффекта без анализа вопроса о механизмах его реализации [44,45]. Как уже было отмечено ранее, для МСК характерны высокие дифференцировочные потенции как в условиях *in vitro*, так и в системах *in vivo*.

Таким образом, в эксперименте было продемонстрировано, что МСК обладают способностью усиливать пролиферативную активность и ускорять дифференцировку клеток кишечного эпителия, а следовательно характеризуются большим репаративным потенциалом. Введение МСК приводило к полному восстановлению и уменьшению воспаления слизистой оболочки толстой кишки - происходит активизация пролиферативных процессов: гиперплазия эпителия толстой кишки и усиленное образование мелких и крупных фолликулов в слизистой оболочке и в подслизистом слое, увеличение количества бокаловидных клеток в эпителии, увеличение высоты и числа кишечных ворсин в слизистой оболочке подвздошной кишки, по сравнению с контрольной группой животных. Наиболее выраженные пролиферативные процессы отмечаются в серии опыта с хронической затравкой через 2 месяца после введения МСК.

Трансплантация мезенхимальных стромальных клеток в данном эксперименте продемонстрировала перспективность данного метода в области медицинского использования клеток стволового типа, направленного на повышение эффективности терапии хронических воспалительных заболеваний кишечника.

#### Литература.

1. Molodecky NA, Soon IS, Rabi DM, et al. Increasing incidence and prevalence of the inflammatory bowel diseases with time, based on systematic review. *Gastroenterology*. 2012;142(1):46–54. e42; quiz e30.
2. Kappelman MD, Rifas-Shiman SL, Kleinman K, Ollendorf D, Bousvaros A, Grand RJ, Finkelstein JA. The prevalence and geographic distribution of Crohn's disease and ulcerative colitis in the United States. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2007; 5:1424–9.
3. Loftus EV., Jr The burden of inflammatory bowel disease in the United States: a moving target? *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2007;5:1383–4.
4. Peyrin-Biroulet L, Deltenre P, de Suray N, Branche J, Sandborn WJ, Colombel JF. Efficacy and safety of tumor necrosis factor antagonists in Crohn's disease: meta-analysis of placebo-controlled trials. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2008;6: 523–644.
5. Sandborn W J, Feagan B G, Hanauer S B, et al. A review of activity indices and efficacy endpoints for clinical trials of medical therapy in adults with Crohn's disease. *Gastroenterology* 2002; 122:512-30.
6. Timothy J., Nelson, M.D., Ph.D., Atta Behfar, M.D., Ph.D., and Andre Terzic, M.D., Ph.D., Strategies for Therapeutic Repair: The "R3" Regenerative Medicine Paradigm. *Clin Transl Sci*. 2008 September 10; 1(2): 168–171.
7. Boquest A.C., Shahdadfar A., Frønsdal K., Sigurjonsson O., Tunheim S.H., Collas P., Brinchmann J.E. Isolation and transcription profiling of purified uncultured human stromal stem cells: alteration of gene expression after *in vitro* cell culture. // *Mol. Biol. Cell*, 2005, v. 16, n. 3, p.p.1131-1141.
8. Caplan AI. Mesenchymal stem cells. *J Orthotop Res* 1991; 9 (5): 641 -50.
9. Eapen M. et al. Outcomes of transplantation of unrelated donor umbilical cord blood and bone marrow in children with acute leukemia: a comparison study. *Lancet* 2007;369:1947-54.
10. Duijvestein M, Vos AC, Roelofs H, et al. Autologous bone marrow-derived mesenchymal stromal cell treatment for refractory luminal Crohn's disease: results of a phase I study. *Gut*. 2010;59:1662–1669.
11. Ciccocioppo R, Bernardo ME, Sgarella A, et al. Autologous bone marrow-derived mesenchymal stromal cells in the treatment of fistulising Crohn's disease. *Gut*. 2011;60:788–798.
12. de la Portilla F, Alba F, Garcia-Olmo D, et al. Expanded allogeneic adipose-derived stem cells (eASCs) for the treatment of complex perianal fistula in Crohn's disease: results from a multicenter phase I/IIa clinical trial. *Int J Colorectal Dis*. 2013;28:313–323.
13. Singer NG, Caplan AI. Mesenchymal stem cells: mechanisms of inflammation. *Annu Rev Pathol Mech Dis*. 2011;6:457–478.
14. Doorn J, Moll G, Le Blanc K, et al. Therapeutic applications of mesenchymal stromal cells: paracrine effects and potential improvements. *Tissue Eng Part B Rev*. 2012;18:101–115.
15. Князев О.В., Парфенов А.И., Щербаков П.Л., Хомерики С.Г., Ручкина И.Н., Конопляников А.Г. Эффективность и безопасность мезенхимальных стромальных клеток костного мозга у больных с рефрактерными формами болезни Крона. *Клеточная трансплантология и тканевая инженерия*. Том VIII, №1, 2013, стр. 76-84.
16. Meisel R, Zibert A, Laryea M, et al. Human bone marrow stromal cells inhibit allogeneic T-cell responses by indoleamine 2,3-dioxygenase-mediated tryptophan degradation. *Blood*. 2004;103:4619–4621.
17. DelaRosa O, Lombardo E, Beraza A, et al. Requirement of IFN-gamma-mediated indoleamine 2,3-dioxygenase expression in the modulation of lymphocyte proliferation by human adipose-derived stem cells. *Tissue Eng Part A*. 2009;15:2795–2806.
18. Maccario R, Podest`a M, Moretta A, et al. Interaction of human mesenchymal stem cells with cells

involved in alloantigen-specific immune response favors the differentiation of CD4 + T-cell subsets expressing a regulatory/suppressive phenotype. *Haematologica*. 2005;90:516–525.

19. Le Blanc K, Tammik C, Rosendahl K, et al. HLA expression and immunologic properties of differentiated and undifferentiated mesenchymal stem cells. *Exp Hematol*. 2003;31:890–896.

20. Majumdar MK, Keane-Moore M, Buyaner D, et al. Characterization and functionality of cell surface molecules on human mesenchymal stem cells. *J Biomed Sci*. 2003;10:228–241.

21. McIntosh K, Zvonic S, Garrett S, et al. The immunogenicity of human adipose-derived cells: temporal changes in vitro. *Stem Cells*. 2006;24:1246–1253.

22. Chamberlain G, Fox J, Ashton B, et al. Concise review: mesenchymal stem cells: their phenotype, differentiation capacity, immunological features, and potential for homing. *Stem Cells*. 2007;25:2739–2749.

23. Griffin MD, Ryan AE, Alagesan S, et al. Antidonor immune responses elicited by allogeneic mesenchymal stem cells: what have we learned so far? *Immunol Cell Biol*. 2013; 91:40–51.

24. Caplan A.I., Bruder S.P. Mesenchymal stem cells: building blocks for molecular medicine in the 21st century. *Trends Mol. Med.*, 2001, v. 7, n., pp. 259–264.

25. Ringe J., Häupl T., Sittinger M. Mesenchymal stem cells for tissue engineering of bone and cartilage. *Med. Klin. (Munich)*, 2003, v. 98, Suppl 2, pp.35-40.

26. Grinnemo K.H., Mansson A., Dellgren G., Klingberg D., Wardell E., Drvota V., Tammik C., Holgersson J., Ringdén O., Sylvén C., Le Blanc K. Xenoreactivity and engraftment of human mesenchymal stem cells transplanted into infarcted rat myocardium. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 2004, v.127, n. 5, pp.1293–1300.

27. Agbulut O., Mazo M., Bressolle C., Gutierrez M., Azarnoush K., Sabbah L., Niederlander N., Abizanda G., Andreu E.J., Pelacho B., Gavira J.J., Perez-Ilzarbe M., Peyrard S., Bruneval P., Samuel J.L., Soriano-Navarro M., García-Verdugo J.M., Hagege A.A., Prósper F., Menasché P. Can bone marrow-derived multipotent adult progenitor cells regenerate infarcted myocardium? *Cardiovasc Res.*, 2006, v.72, n.1, pp.175-183.

28. Lindvall O., Kokaia Z., Martinez-Serrano A. Stem cell therapy for human neurodegenerative disorders-how to make it work. *Nat. Med.*, 2004, v.10, Suppl, pp. 42–50.

29. Griffiths M.J., Bonnet D., Janes S.M. Stem cells of the alveolar epithelium. *Lancet*, 2005, v. 366, n. 9481, pp. 249–260.

30. Mohamadnejad M., Namiri M., Bagheri M., Hashemi S.M., Ghanaati H., Zare Mehrjardi N., Kazemi Ashtiani S., Malekzadeh R., Baharvand H. Phase 1 human trial of autologous bone marrow-hematopoietic stem cell transplantation in patients with decompensated cirrhosis. *World J Gastroenterol*. 2007 Jun 28;13(24):3359-63.

31. Kunter U., Rong S., Djuric Z., Boor P., Müller-Newen G., Yu D., Floege J. Transplanted mesenchymal stem cells accelerate glomerular healing in experimental glomerulonephritis. *J. Am. Soc. Nephrol.*, 2006, v. 17, n. 8, pp. 2202–2212.

32. Horwitz E.M., Gordon P.L., Koo W.K., Marx J.C., Neel M.D., McNall R.Y., Muul L., Hofmann T. Isolated allogeneic bone marrow-derived mesenchymal cells engraft and stimulate growth in children with osteogenesis imperfecta: implications for cell therapy of bone. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*, 2002, v.99, n. 13, pp. 8932–8937.

33. Mizuno H., Zuk P.A., Zhu M. et al. Myogenic differentiation by human processed lipoaspirate cells. *Plast Reconstr Surg* 2002; 109: 199-209.

34. Peck A.B., Cornelius J.G. Schatz D., Ramiya V.K.: Generation of islets of Langerhans from adult pancreatic stem cells. *J. Hepatobiliary Pancreat. Surg.*, 2002; 9(6):704–9.

35. Kucerova L., Altanerova V., Matuskova M., Tyciakova S., Altaner C. Adipose tissue-derived human mesenchymal stem cells mediated prodrug cancer gene therapy. *Cancer Res.*, 2007, v. 67, n.13, pp. 6304 - 6313.

36. Aggarwal S., Pittenger M.F. Human mesenchymal stem cells modulate allogeneic immune cell responses. *Blood* 2005; 105(4): 1815-22.

37. Banerjee M., Kumar A., Bhonde R.R. Reversal of experimental diabetes by multiple bone marrow transplantation. *Biochem. Biophys. Res. Commun*. 2005. V. 328(1). P. 318-325.

38. Achen MG, et al. Vascular endothelial growth factor D (VEGF-D) is a ligand for the tyrosine kinases VEGF receptor 2 (Flk1) and VEGF receptor 3 (Flt4). *PNAS* 1998; 95; 2: 548-553.

39. Chiang M.K., Flanagan J.G. Interactions between the Flk-1 receptor, vascular endothelial growth factor, and cell surface proteoglycan identified with a soluble receptor reagent. *Growth Factors* 1995; 12; 1: 1-10.

40. Arias M., et al. Adenoviral expression of a transforming growth factor-beta1 antisense mRNA is effective in preventing liver fibrosis in bile-duct ligated rats. *BMC Gastroenterol* 2003; 3; 1: 29.

41. Kim C.U., Broxmeyer H.E. In vitro behavior of hematopoietic progenitor cells under the influence of chemoattractants: stromal cell-derived factor-1, steel factor, and the bone marrow environment. *Blood* 1998; 91:100-110.

42. Ogle BM, Cascalho M, Platt JL. Biological implications of cell fusion. *Nat Rev Mol Cell Biol* 2005; 6(7): 567-75.

43. Leri A., Kajstura J., Anversa P. Cardiac stem cells and mechanisms of myocardial regeneration. *Physiol. Rev.*, 2005, v. 85, n. 4, pp.1373–1416.

44. Moscoso I., Centeno A., López E., Rodríguez-Barbosa J.I., Santamarina I., Filgueira P., Sánchez M.J., Domínguez-Perles R., Peñuelas-Rivas G., Domenech N. Differentiation "in vitro" of primary and immortalized porcine mesenchymal stem cells into cardiomyocytes for cell transplantation. *Transplant. Proc.*, 2005, v. 37, n. 1, pp.481-482.

45. Yoon J., Min B.G., Kim Y.H., Shim W.J., Ro Y.M., Lim D.S. Differentiation, engraftment and functional effects of pre-treated mesenchymal stem cells in a rat myocardial infarct model. *Acta Cardiol.*, 2005, v. 60, n. 3, pp. 277-284.

УДК: 616.724 – 007.17 – 007.24 – 085

**Воловар Оксана Степанівна**

*Доктор медичних наук, професор кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії*

*Національний медичний університет імені О.О. Богомольця*

**Маланчук Владислав Олександрович**

*Член-кореспондент НАМН України, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії*

*Національний медичний університет імені О.О. Богомольця*

**Крижанівська Оксана Олександрівна**

*Асистент кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії*  
*Національний медичний університет імені О.О. Богомольця*

### ВИКОРИСТАННЯ ПРЕПАРАТІВ ГІАЛУРОНОВОЇ КИСЛОТИ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ОСТЕОАРТРОЗА СКРОНЕВО-НИЖНЬОЩЕЛЕПНОГО СУГЛОБА

**Анотація:** Актуальність застосування препаратів гіалуронової кислоти набуває дедалі більшого значення у комплексному лікуванні дегенеративно-дистрофічних захворювань скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩС).

Наведено результати використання препарату «Hyalulal®-artro» у пацієнтів із остеоартрозом СНЩС.

Відмічено зниження болювого синдрому в СНЩС як під час жування так і в стані спокою на 63% відносно вихідного рівня, покращився об'єм рухів щелепи, зменшився хрускіт і крепітація в суглобі.

Оцінено ефективність і безпечність використання препарату «Hyalulal®-artro» при лікуванні остеоартроза СНЩС.

**Ключові слова:** гіалуронова кислота, скронево-нижньощелепний суглоб, остеоартроз.

**Воловар Оксана Степанівна**

*Доктор медичних наук, професор кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії*

*Національний медичний університет імені А.А. Богомольця*

**Маланчук Владислав Олександрович**

*Член-кор. НАМН України, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії*

*Національний медичний університет імені А.А. Богомольця*

*Національний медичний університет імені А.А. Богомольця* **Крижанівська Оксана Олександрівна**

*Асистент кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії*

*Національний медичний університет імені А.А. Богомольця*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕПАРАТОВ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ОСТЕОАРТРОЗА ВИСОЧНО-НИЖНЕЧЕЛЮСТНОГО СУСТАВА

**Аннотация:** Актуальность применения препаратов гиалуроновой кислоты приобретает все большее значение в комплексном лечении дегенеративно-дистрофических заболеваний височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС).

Приведены результаты использования препарата «Hyalulal®-artro» у пациентов с остеоартрозом ВНЧС.

Отмечено снижение болевого синдрома в ВНЧС как во время жевания так и в состоянии покоя на 63% относительно исходного уровня, улучшился объем движений челюсти, уменьшился хруст и крепитация в суставе.

Оценена эффективность и безопасность применения препарата «Hyalulal®-artro» при лечении остеоартроза ВНЧС.

**Ключевые слова:** гиалуроновая кислота, височно-нижнечелюстной сустав, остеоартроз.

**Volovar Oksana Stepanivna**

Doctor of Medicine, Professor

Department of Oral and Maxillofacial Surgery

National O. Bohomolets Medical University

**Malanchuk Vladyslav Oleksandrovych**

Corresponding Member NAMS of Ukraine, Doctor of Medicine, Professor,

Chief of Department Oral and Maxillofacial Surgery

National O. Bohomolets Medical University

**Kryzhanivska Oksana Oleksandrivna**

Assistant of Department Oral and Maxillofacial Surgery

National O. Bohomolets Medical University

## THE USE OF HYALURONIC ACID FOR THE TREATMENT OF OSTEOARTHRISIS OF THE TEMPOROMANDIBULAR JOINT

**Summary:** Topical application of hyaluronic acid is gaining importance in treatment of degenerative disorders of the temporomandibular joint (TMJ).

The results of the use of a preparation «Hyalulal®-artro» in patients with osteoarthritis the TMJ.

Was a reduction in of pain in the temporomandibular joint during chewing as well as in the at rest of 63% from baseline, has improved range of motion the jaw dropped crunch and crepitation in the joint.

Evaluated the efficacy and safety of preparation «Hyalulal®-artro» in the treatment of osteoarthritis of the TMJ.

**Keywords:** hyaluronic acid, temporomandibular joint, osteoarthritis

### Актуальність

Частота захворювань скронево-нижньощелепного суглоба (СНЩС) серед дорослого населення, згідно даних епідеміологічних досліджень, складає від 27 до 90% [1,2]. Дегенеративно-дистрофічні захворювання СНЩС, у тому числі остеоартроз, продовжують залишатися поширеною патологією у осіб різної статі та віку. Підґрунтям для їх виникнення є аномалії прикусу, патологічна стертість твердих тканин зубів, захворювання пародонту, порушення оклюзійних співвідношень, прояви дисплазії сполучної тканини, ендокринні та ревматоїдні хвороби, метаболічні порушення [2-5].

Остеоартроз – дегенеративне захворювання суглоба, що виникає під впливом цілої низки факторів, в основі якого лежить дегенерація суглобового хряща і подальші структурні зміни субхондральної кістки, капсульно-зв'язкового апарата та інших елементів суглоба. Перебіг захворювання прихований, запальні зміни синовію виражені помірно, поступово порушується й функція самого СНЩС [2].

Поширеність остеоартрозу серед населення корелюється з віком і досягає максимальних показників у осіб старшого віку [6]. Лікування вище зазначеної патології СНЩС залишається актуальною проблемою сьогодення, незважаючи на широкий спектр існуючих препаратів і методів. Складність обумовлена не тільки поліетіологічною природою цієї патології, а й складністю будови та біомеханіки самого суглоба [1,7,8].

На підставі аналізу результатів досліджень, проведених за стандартами доказової медицини, передбачено три основні групи лікувальних заходів: нефармакологічні (навчання пацієнтів, рекомендації щодо харчування, корекція оклюзійно-артикуляційних співвідношень, сплін-терапія, фізіотерапевтичні методи), фармакологічні

(протизапальні засоби, хондропротектори, препарати кальцію), хірургічні (артроцентез, лікувально-діагностична артроскопія, корекційна остеотомія, артропластика СНЩС) [9].

Консервативні методи лікування остеоартрозу СНЩС більш ефективні на початкових стадіях розвитку захворювання, коли першочерговим постає питання відновлення ушкодженого хряща, його біохімічних і біомеханічних характеристик. Нині в комплексі консервативної терапії пацієнтів із остеоартрозом СНЩС все ширше використовують внутрішньосуглобове введення хондромодифікуючих засобів, що містять гіалуронову кислоту. Внутрішньосуглобова ін'єкційна терапія препаратами гіалуронової кислоти входить до списку заходів, рекомендованих ВООЗ при лікуванні остеоартрозу з 2003 року.

Окрім того, застосування препаратів гіалуронової кислоти стало невід'ємною частиною артроскопічної діагностики та хірургії СНЩС, оскільки артроцентез супроводжується лаважем, що призводить до зменшення об'єму власної синовіальної рідини [9,10].

Гіалуронова кислота відновлює баланс суглобової рідини, надає їй необхідні фізико-хімічні властивості, впливає на міжклітинну речовину та ноцицептори проміжного шару синовіальної оболонки, чим обумовлює знеболюючий ефект (на рівні мікрогомеостазу – пригнічення міграції, фагоцитозу і вивільнення простагландинів). Гіалуронова кислота нормалізує швидкість транспорту метаболітів від клітин через синовіальне середовище до лімфатичних судин (при остеоартрозі швидкість обміну зростає в чотири рази, що призводить до порушення трофічних процесів у суглобовому хрящі). Виявлено також, що гіалуронову кислоту проникає до капсули суглоба і зв'язки, чим забезпечує їх механічні властивості, чинить захисну дію на колаген-

нові волокна та клітинні структури. При остеоартрозі міжмолекулярні взаємодії компонентів синовію порушуються, зменшується молекулярна маса та концентрація гіалуронової кислоти [11,12].

Впровадження в клінічну практику препаратів гіалуронової кислоти розглядається як якісний «стрибок» у лікуванні остеоартрозу СНЩС. Аналіз дослідницьких робіт із медико-біологічної ефективності існуючих препаратів свідчить на користь препаратів гіалуронової кислоти із високою чи середньою молекулярною вагою – від 1000 кДа до 4 МДа. Фармацевтами розробляються препарати, що не так швидко абсорбуються, пролонгуються терапевтичний ефект від року та більше. Нові напрямки розробок – додавання факторів росту та диференціації до препаратів, що дозволить відновити хрящ чи інші частини суглоба [13].

Прикладом препарату гіалуронової кислоти із направленою хондромодифікуючою дією є вітчизняний препарат «Hyalural®-artro» (молекулярна вага 3,0 МДа), який окрім протизапальної, регенеративної дії сприяє модифікації та репарації суглобового хряща. Введення до комплексу гіалуронової кислоти як буферний розчин сукцинату натрію дозволяє діяти безпосередньо на хондроцити та нормалізувати внутрішньоклітинний обмін і фізіологічні показники всередині клітин хряща, в результаті чого останні можуть самостійно продукувати «будівельний матеріал» для суглоба [12]. Сукцинат натрію відновлює никотинамідаденіндинуклеотид (НАД<sup>+</sup>) через механізм зворотнього переносу електронів у дихальному ланцюзі мітохондрій, бере участь у монооксигеназній системі біотрансформації ксенобіотиків ендоплазматичного ретикулаума, нормалізує фізіологічний стан і показники кислотно-лужної рівноваги при ацидозі завдяки змінам іонів водню поза мітохондріями, бере участь у регуляції транспорту іонів K<sup>+</sup> і Ca<sup>++</sup>, забезпечує стабілізацію прооксидантно-антиоксидантної рівноваги [14].

**Мета роботи** – оцінити ефективність і безпечність використання препарату гіалуронової кислоти «Hyalural®-artro» при лікуванні остеоартрозу СНЩС.

**Матеріали та методи.** У дослідженні приймали участь 6 пацієнтів із остеоартрозом СНЩС (ж-6, ч-0), середній вік яких склав 61,3±4,9 роки та 1 пацієнтка 32 років, яким проводився діагностичний артроцентез СНЩС. Пацієнти знаходилися на лікуванні в стоматологічному медичному центрі НМУ імені О.О. Богомольця.

З'ясовували скарги хворого, можливу причину та тривалість захворювання, особливості його перебігу, наявність супутньої патології. Хворі з остеоартрозом скаржилися на тупий ниючий біль у СНЩС, скутість ураженого суглоба вранці, яка протягом певного часу зменшувалася або зникала. При відкриванні рота пацієнти відмічали появу клацання чи хрускоту у суглобі, біль під час жування твердої їжі чи активних рухів нижньої щелепи. При об'єктивному обстеженні виявлено обмеження рухів щелепи, зміщення щелепи при відкриванні рота

в бік ураженого СНЩС, хрускіт чи крепітацію, помірний біль при натисканні на підборіддя, що виникав на патологічній стороні. Пальпація СНЩС і жувальних м'язів була безболісною, при вертикальних, сагітальних, трансверзальних рухах в ураженому суглобі відмічався хрускіт. Переважно у пацієнтів було одностороннє ураження СНЩС.

Огляд хворих проводили за класичною методикою обстеження пацієнтів із захворюваннями СНЩС. Вираженість більшого синдрому оцінювали за візуально-аналоговою шкалою (ВАШ). Обов'язковими були ортопантомографія з вивченням головок нижньої щелепи, рентгенографія СНЩС із відкритим ротом за Парма, комп'ютерна томографія чи МРТ СНЩС.

Діагноз остеоартроз СНЩС верифікували на підставі даних рентгенологічного обстеження, а саме: нерівні, нечіткі контури суглобових головок, зміна їх форми, стоншення, склерозування кортикального шару, наявність кісткових крайових розростань, звуження/нерівномірність суглобової щілини, стоншення хряща головки СНЩС.

Тривалість захворювання усіх оглянутих складала від 2 до 5 років. Пацієнти мали рентгенологічні ознаки остеоартрозу СНЩС, що відповідало I чи II ступеню захворювання за Н.Н. Каспаровою (1981), відповідно 1 (28,6%) особа та 5 (71,4%) осіб. На рентгенограмі виявлено нерівні, нечіткі контури суглобових головок, зміну їх форми, стоншення кортикального шару, наявність кісткових крайових розростань (1 хвора), звужена та нерівномірна суглобова щілина. Згідно даних МРТ, виявлено стоншення хряща головки СНЩС, його деструкцію.

Пацієнти приймали нестероїдні протизапальні препарати протягом 10-14 днів (німесулід (200 мг/добу) – 5 хворих, диклофенак натрію (50 мг/добу) – 2 пацієнти), хондропротектори протягом 2-3 місяців (хондроїтина сульфат і глікозаміна гідрохлорид – по 1000 мг/добу), комбіновані препарати кальцію протягом 2-3 місяців (кальцій-Д<sub>3</sub> Нікомед – 2 таб/добу, кальцеїн-адванс – 2 таб/добу). У зв'язку з частковим покращенням об'єму рухів нижньої щелепи, але з наявністю більшого синдрому, який за даними ВАШ становив 2 бали, хворим проведено внутрішньосуглобове введення препарату «Hyalural®-Artro». Пацієнти були проінформовані про можливі позитивні та негативні результати лікування, вони підписали поінформовану добровільну згоду на проведення внутрішньосуглобової ін'єкції гіалуронової кислоти у порожнину суглоба.

Критеріями виключення з обстеження були такі підстави: відмова пацієнта від лікування, підвищена чутливість до препарату, наявність внутрішньосуглобового випоту (за даними МРТ), інтраартикулярні інфекції, IV рентгенологічна стадія остеоартрозу СНЩС (майже повна втрата конгруентності поверхонь, сплюснення суглобової щілини до прямої лінії, межі суглобової головки не визначаються, контури нижньощелепної ямки та виросткового відростка нижньої щелепи згладжені,



грубі остеофіти), інфекції шкірних покривів у ділянці введення голки, системні захворювання сполучної тканини у фазі загострення.

Дослідженнями L. Guarda-Nardini (2011) визначено потенційні чинники позитивного результату лікування дегенеративних захворювань СНЩС: стать, вік, тривалість болю, наявність початкового болю при жуванні, одно- чи двобічне ураження, наявність супутніх захворювань СНЩС, вид втручання. Залежно від вираженості деструктивних змін у СНЩС, які визначаються на рентгенограмі, КТ чи МРТ суглоба (нерівність, нечіткість контурів і зміна форми суглобових головок, стоншення, склерозування кортикального шару, наявність кісткових крайових розростань, звуження/нерівномірність суглобової щілини, зменшення товщини хряща, зменшення кількості синовіальної рідини в порожнині суглоба), курс лікування пацієнтів із дегенеративно-дистрофічними захворюваннями СНЩС складав від 3 до 5 ін'єкцій з інтервалом 1 тиждень (введення 0,5-1 мл препарату гіалуронової кислоти). Найбільша ефективність препарату відмічена при застосуванні його на ранніх етапах розвитку остеоартроза [15, 16].

Курс внутрішньосуглобової ін'єкційної терапії у пацієнтів із артрозом СНЩС передбачав трьохразове внутрішньосуглобове введення імплантату синовіальної рідини «Hyalual®-Artro» 1,1% з інтервалом 7-10 днів.

Пацієнтів спостерігали на перший день після внутрішньосуглобового введення препарату, на 7, 21, 30 день і через 3, 6, 9, 12 місяців.

Ін'єкцію препарату «Hyalual®-Artro» у порожнину СНЩС проводили в точках артроскопічної пункції, визначених A. Holmlund і G. Hellsing (1985): по траго-кантальній лінії від козелка вуха відмічали 10 мм, проводили перпендикуляр донизу на 2 мм у визначену точку пункції до суглобової ямки, вводили голку під кутом 45° доверху всередину та вводили препарат у верхній відділ суглоба. Для проведення артроцентеза знаходили другу точку – 20 мм допереду від козелка вуха та 5 мм донизу.

Для попередження ускладнень внутрішньосуглобових ін'єкцій, маніпуляцію проводили з дотриманням асептичних умов, шкіру обробляли антисептичними засобами, безпосередньо після ін'єкції проводили магнітотерапію постійними магнітним полем неодимового магніту з індукцією 240 мТл протягом 20-30 хв, глибина проникнення якого у ділянці СНЩС становить близько 20 мм. Магнітне поле покращує кровообіг у навколосуглобових тканинах, нормалізує метаболізм, трофіку та регенерацію, має виражений знеболюючий, протинабряковий ефекти, запобігає тим самим виникненню післяін'єкційних ускладнень, прискорює дифузійно лікарського засобу у суглобові тканини [17].

Окрім того, хворим рекомендували обмеження відкривання рота до 2 годин, вживання м'якої їжі протягом доби, призначали протизапальну нестероїдну терапію. Пацієнти були проінформовані про можливий розвиток побічних явищ і шляхи їх усунення при своєчасному зверненні до лікаря. Після

проведеної маніпуляції враховували загальний стан пацієнтів, температуру тіла, стан шкіри у ділянці проведеної маніпуляції, об'єм рухів нижньої щелепи, наявність і характер болю, присутність хрустоту чи крепітації.

### Результати

До початку лікування вираженість больового синдрому за ВАШ у хворих під час жування була 4 бали і вище (в середньому – 5,2 бали), у спокої цей показник в середньому був від 2 до 5 балів.

Ін'єкцію «Hyalual®-Artro» розпочинали через 2-3 дні після попередньої протизапальної терапії (частіше нестероїдними протизапальними препаратами).

Після першої ін'єкції (на 7 день обстеження) хворі відмічали зменшення болю при жуванні (4,1±0,4 бали), після другого введення показник больового синдрому за ВАШ як при жуванні, так і в спокої продовжував знижуватися – відповідно 3,2±0,6 та 1,5±0,8 бали. Через 1 місяць, після третьої ін'єкції «Hyalual®-Artro», динаміка була наступною: під час жування показник болю – 1,9±0,6 бали, у стані спокою – 0,6±0,7 балів (Таблиця 1).

Слід зазначити, що 3 пацієнти відмітили повне зникнення болю у спокої та під час вживання м'якої їжі. Окрім того, через 10 днів після першого введення «Hyalual®-Artro» від додаткового прийому нестероїдних протизапальних засобів відмовились 2 пацієнта, а після останньої ін'єкції – 5 осіб.

Больовий синдром з локалізацією в СНЩС в стані спокою і під час жування їжі зменшився на 63% відносно вихідного рівня. Було відмічено збільшення об'єму рухів нижньої щелепи, зменшився хрускіт і крепітація в СНЩС. У 1 пацієнта шум у суглобі зник.

Загальний стан пацієнтів був задовільний, температура тіла не підвищувалася, змін шкірних покривів у місці ін'єкції не виявили.

На 20-30 день від початку лікування відмітили зменшення хрусту та крепітації в суглобах, зроста плавність рухів нижньої щелепи.

Необхідність і можливість повторення курсу лікування визначалася в процесі динамічного клініко-діагностичного спостереження пацієнта, як правило, середній діапазон між курсами становив 6-9 місяців [11]. Після діагностичного артроцентезу одноразове введення гіалуронової кислоти в порожнину суглоба було достатнім. Хворі з початковою стадією остеоартроза СНЩС не потребували повторного курсу лікування препаратами гіалуронової кислоти. Пацієнтам із II рентгенологічною стадією артроза для досягнення стабільного терапевтичного ефекту через 6 місяців рекомендували проведення повторного курсу внутрішньосуглобових ін'єкцій «Hyalual®-Artro».

Таким чином, з огляду на ефективність «Hyalual®-Artro» стосовно зменшення больового синдрому, збільшення функціональної активності суглобів у хворих на остеоартроз, а також його структурно-модифікуючої дії на клітини ушкодженого хряща, є доцільним застосовувати внутрішньосуглобові ін'єкції даного препарату для лікування остеоартроза СНЩС.

### Висновки

1. На фоні комплексного лікування пацієнтів із остеоартрозом СНЩС із використанням препарату «Hyalual®-Artro» після курсу терапії відмічали відсутність болю при будь-яких рухах нижньої щелепи під час жування та у стані спокою на 63% за ВАШ, відсутність хрускоту чи крепітації, переносимість була задовільною.

2. При правильному виконанні ін'єкції, дотриманні умов асептики та антисептики ризик виникнення запальних ускладнень є мінімальним.

3. Застосування магнітотерапії у постін'єкційному періоді покращує лікувальний ефект і зменшує больові відчуття у місці втручання.

4. Залежно від вираженості у пацієнтів рентгенологічних ознак остеоартрозу СНЩС, рекомендовано 1 курс внутрішньосуглобових ін'єкцій (для початкової стадії) чи 2-3 повторних курсів лікування препаратами гіалуронової кислоти (для II стадії). Діагностичний артроцентез потребує одноразового введення гіалуронату безпосередньо після маніпуляції.

### Список літератури

1. **Петросов Ю. А.** Диагностика и ортопедическое лечение заболеваний височно-нижнечелюстного сустава / Петросов Ю. А. – Краснодар: Сов. Кубань, 2007. – 304 с.
2. **Хірургічна стоматологія та щелепно-лицева хірургія:** підручник у 2 т. / [Маланчук В. О., Воловар О. С., Гарляускайте І. Ю. та ін.]. – К.: ЛОГОС, 2011. – Т.1. – 672 с.
3. **Куприянов И. А.** Патогенез внутренних нарушений височно-нижнечелюстного сустава при дисплазии соединительной ткани: морфология, клиника и лечение / И. А. Куприянов, А. А. Ильин, В. А. Шкурупий // Бюлетень СО РАМН. – 2003. – №2 (108). – С. 93-98.
4. **Потапов И. В.** Диагностика окклюзионно-артикуляционного синдрома у больных с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава: Дис. ... кандидата мед. наук: спец. 14.00.21 "Стоматология" / Потапов Иван Владимирович. – Самара, 2009. – 151 с.
5. **Шипика Д. В.** Совершенствование диагностики и лечения заболеваний ВНЧС у пациентов с аномалиями прикуса: автореф. дис. на соискание науч. звания кандидата мед. наук: спец. 14.00.21 "Стоматология" / Д. В. Шипика. – Москва, 2012. – 26 с.
6. **Guarda-Nardini L.** Intra-articular injection of hyaluronic acid for temporomandibular joint osteoarthritis in elderly patients / L. Guarda-Nardini, D. Manfredini, M. Stifano, A. Staffieri, G. Marioni // Stomatologija. – 2009. – №11(2). – P. 60-65.
7. **Сысолятин П. Г.** Классификация заболеваний и поврежденный височно-нижнечелюстного сустава / П. Г. Сысолятин, А. А. Ильин, А. П. Дергилев. – М.: Медицинская книга, 2001 – 79 с.
8. **Tanaka E.** Degenerative Disorders of the Temporomandibular Joint: Etiology, Diagnosis, and Treatment / E. Tanaka, M. S. Detamore, L. G. Mercuri // J Dent Res. – 2008. – №4 (87). – P. 296-307.
9. **Manfredini D.** Temporomandibular joint osteoarthritis: an open label trial of 76 patients treated with arthrocentesis plus hyaluronic acid injections / D. Manfredini, S. Bonnini, R. Arboretti, L. Guarda-Nardini // J Oral Maxillofac Surg. – 2009. – № 8(38). – P. 827-834.
10. **Morey-Mas M.-A.** Sodium Hyaluronate Improves Outcomes After Arthroscopic Lysis and Lavage in Patients With Wilkes Stage III and IV Disease / M.-A. Morey-Mas, J. Caubet-Biayna, L. Varela-Sende, J.-I. Iriarte-Ortabe // J Oral Maxillofac Surg. – 2010. – №68. – P. 1069-1074.
11. **Оганесян О. В.** Использование препаратов гиалуронової кислоти для лечения остеоартроза / О. В. Оганесян, Л. А. Семенова, А. П. Хапилин // Вестник травматологии и ортопеди им. Н.Н. Приорова. – 2007. – №2. – С. 41-46.
12. **Яременко О. Б.** Опыт применения имплантата синовиальной жидкости Гиалуаль-артро в лечении больных с гонартрозом / О. Б. Яременко, Е. Б. Корниенко, С. Х. Тер-Вартаньян // Український ревматологічний журнал. – 2011. – №1(43). – С. 1-4.
13. **Беленький А. Г.** Препараты гиалуронової кислоти в лечении остеоартроза / Беленький А. Г. – Москва, 2005. – 28 с.
14. **Корпан М. І.** Хондроцити. Структура, функція, зміни при остеоартрозі, вплив лікарських засобів / М. І. Корпан, І. С. Чекман, О. М. Магомедов, А. Т. Бруско та інші // Літопис травматології та ортопедії. – 2011. – №1-2(21-22). – С. 207-215.
15. **Guarda-Nardini L.** Predictive factors of hyaluronic acid injections short-term effectiveness for TMJ degenerative joint disease. / L. Guarda-Nardini, G. Ferronato, L. Favero, D. Manfredini // J Oral Rehabil. – 2011. – №5(38). – P. 315-320.
16. **Manfredini D.** Hyaluronic acid in the treatment of TMJ disorders: a systematic review of the literature. / D. Manfredini, F. Piccotti, L. Guarda-Nardini // Cranio. – 2010. – №3(28). – P. 166-176.
17. **Калужская С.М.** Сравнительная эффективность различных комплексов физиотерапии в лечении переломов нижней челюсти: автореф. дис. на соискание науч. звания кандидата мед. наук: спец. 14.00.21 "Стоматология" / С. М. Калужская. – Москва, 1993. – 19 с.

**Динаміка інтенсивності больового синдрому за ВАШ, пацієнтів із остеоартрозом СНЩС на фоні внутрішньосуглобового введення препарату гіалуронової кислоти**

	До початку лікування	Після 1 ін'єкції	Після 2 ін'єкції	Після 3 ін'єкції
Біль у СНЩС у спокої (бали)	2,8±0,5	2,6±0,3	3,2±0,6	1,9±0,6
Біль у СНЩС під час жування (бали)	5,2±0,6	4,1±0,4	1,5±0,8	0,6±0,7

Адреса для листування:

Крижанівська Оксана Олександрівна – асистент кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії НМУ імені О.О.Богомольця, т. 0503586363

03680, м.Київ, вул. Зоологічна, 1, НМУ імені О.О. Богомольця, кафедра хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії

Відомості про авторів:

Маланчук Владислав Олександрович – член-кореспондент НАМН України, доктор мед. наук,

професор, завідувач кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії НМУ імені О.О.Богомольця, т. 044 483 18 79

Воловар Оксана Степанівна – доктор мед. наук, професор, завуч кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії НМУ імені О.О.Богомольця, т. 0503821979

Крижанівська Оксана Олександрівна – асистент кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії НМУ імені О.О.Богомольця, т. 0503586363

*Muratova Zhanara Kochkorovna, MD, PhD  
candidate of medical sciences,  
Osh state university*

*Муратова Жанара Кочкоровна, к.м.н.,  
доцент Ошського державного університета*

**ANATOMY: YESTERDAY, TODAY AND TOMORROW  
АНАТОМИЯ: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ И ЗАВТРА**

**Summary:** We present the principles and stages of the study one of the basic biomedical sciences - human anatomy. These principles were once offered by an academician of the Academy of Medical Sciences of the USSR D.A. Zhdanov, and subsequently received a successful development in the departments of Russia and CIS countries. The department "Human anatomy" of the Medical Faculty of Osh State University for more than 20 years of its existence is being improved with the progress of the natural sciences and preserved and developed the traditions established by its founders.

**Keywords:** stages, the teaching process at the Department of Human Anatomy, the basic principles of study.

**Резюме:** Излагаются этапы становления и принципы изучения одной из основных медико-биологических наук - анатомии человека. Эти принципы в свое время были предложены академиком АМН СССР Д.А. Ждановым и в последующем получили успешное развитие на кафедрах России и странах СНГ. Более чем за 20-летний период своего существования кафедра «Анатомии человека» медицинского факультета ОшГУ, совершенствуясь по мере прогресса естественных наук, сохранила и развила традиции, заложенные ее основателями.

**Ключевые слова:** этапы становления, учебный процесс на кафедре анатомии человека, основные принципы изучения.

Важной проблемой вузовской педагогики на сегодня является организация успешной познавательной деятельности студента. Как показали исследования, обучение, построенное с принципами продуктивной совместной деятельности, позволяет осваивать операционно-техническую и социально-смысловую стороны учебной деятельности, то есть решать одновременно и учебные и воспитательные цели [5, 7, 9].

Полноценное развитое общение, приносящее удовлетворение и студентам и преподавателям, порождает благоприятные условия для формирования социально-психологического климата, деловой ат-

мосферы в учебной деятельности высшего учебного заведения, что выражается в повышении мотивации изучения искусства врачевания [1].

В данной статье предпринята попытка на примере обобщения собственного опыта организации учебного процесса по дисциплине «Анатомия человека», выделить ее сильные и слабые стороны, акцентируя внимание на этапах становления и значении морфологических дисциплин в системе высшего медицинского образования на современном этапе.

Как отметил академик Российской академии наук, профессор М.Р. Сапин, заведующий кафед-

рой с 1971 года: «Кафедра анатомии человека - первая медицинская кафедра в России. В 1755 году был создан Московский университет, в 1758 - медицинский факультет, в 1764 - кафедра анатомии человека» [8, 10].

В 1930 году медицинский факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова стал Первым «Медом» и сегодня кафедра анатомии человека - в составе Первого Московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова [4, 8, 10].

«Без анатомии не может быть медицинской науки. Врач не анатом, плохо знающий анатомию не только не полезен — даже вреден!», - в свое время отметил великий русский хирург Е.О. Мухин [2, 3, 6].

Считается, что кафедра анатомии является базовой при подготовке будущих специалистов. С кафедры анатомии начались многие новые дисциплины и кафедры: гистологии, акушерства и гинекологии, топографической и патологической анатомии, судебной медицины, оперативной хирургии [2, 3, 4].

Сегодня мы от одной эпохи в медицине начинаем идти стремительными шагами к другой, инновационной эпохе: появляются новые технологии и возможности, но все не так просто и легко. Обратная сторона внедрения новых технологий - увеличение количества врачебных ошибок. Это означает только одно: пробелы в изучении анатомии!

Кафедра «Анатомии человека» ОшГУ - одно из ведущих кафедр в университете, поэтому в такой кафедре должно быть все самое лучшее и инновационное. На кафедре «Нормальной и топографической анатомии с курсом конституциональной типологии человека» (далее «Анатомия человека») медицинского факультета Ошского государственного университета (ОшГУ) много молодых ученых, которые занимаются наукой, анатомией человека. Кафедра с большим потенциалом: каждый день сюда приходят более 300 студентов, обучение проходят студенты всех специальностей факультета. Для нас очень важно, что на кафедре поддерживают традиции изучения анатомии, заложенные великими учеными, нашими учителями. И в то же время внедряются современные методики преподавания [7, 8, 11].

В настоящее время ключевыми темами являются проблемы и перспективы развития анатомических кафедр в вузах, использование новых технологий в преподавании анатомии человека, компьютерные технологии в учебном процессе и ряд других.

Благодаря ректорату университета самые эффективные образовательные технологии применяются на нашей кафедре. Предстоит также совершенствовать работу анатомического музея, внедрить инновационные симуляционные оборудования и образовательные программы для медицины и медицинского образования.

Кафедра морфологических дисциплин (ныне кафедра «Нормальной и топографической анатомии человека с конституциональной типологией

человека») медицинского факультета ОшГУ была организована в 1993 году [11].

До 1995 года кафедрой руководил ее организатор, д.м.н., профессор Б.Ж. Жапаров. Основным направлением научных исследований кафедры была возрастная морфология, также велась работа по изучению влияния высокогорных и экологически неблагоприятных факторов на сердечно-сосудистую систему, легочную и плацентарную ткани.

С 1995 по 2001 годы кафедра была несколько раз переименована, в разное время ею заведовали доцент Ч.Дж. Джумабаев (1995-1998 гг.), доцент Р.А. Ахунжанов (1998 г.), проф. Б.Ж. Жапаров (1993-1995 гг., 1998-2001 гг.). Под их руководством продолжалось изучение сердечно-сосудистой системы, проводились антропометрические исследования системы «мать - плацента - плод» [11].

Следует отметить, что в эти периоды развития кафедры в целях совершенствования учебного процесса, повышения качества преподавания, а также подготовки научных кадров, кафедра поддерживала тесные связи с медицинскими образовательными центрами, в том числе и Андижанским государственным медицинским институтом (д.м.н., проф. И. Касим-Ходжаев, к.м.н., доц. Р. Юнусов).

Под общим руководством профессора И. Касим-Ходжаева соискателями кафедры проводилась научно-исследовательская работа по проблемам возрастной морфологии, антропометрии головного мозга, были защищены докторская (Ж.Ж. Жеенбаев, 1998 г.) и кандидатская (А.Т. Байгазаков, 2000 г.) диссертации.

В это время под руководством доцента Ч.Дж. Джумабаева был заложен фундаментальный музей кафедры, насчитывающий к настоящему времени около 500 оригинальных препаратов по всем разделам анатомии человека. С октября 2001 по август 2008 г. заведующим кафедрой был д.м.н., профессор Т.М. Тулекеев.

Научная деятельность кафедры в этот период была сосредоточена на разработке проблемы «Влияние экологически неблагоприятных факторов окружающей среды на состояние здоровья населения юга Кыргызстана».

Были определены конкретные основные направления научной деятельности кафедры, в частности, разрабатывались две темы: «Морфофункциональные особенности плаценты женщин, проживающих в различных биогеохимических зонах юга Кыргызстана» (аспиранты: Сакибаев К.Ш., Кенешбаев Б.К.); «Физическое развитие детей и подростков, проживающих в хлопко- и табакосеющих регионах и в условиях радиационного фона Майлуу-Суу» (соискатели: Джолдубаев С.Ж., Маматов Т.А.).

Сотрудники кафедры постоянно занимаются повышением квалификации: многие преподаватели прошли курсы по педагогике и психологии, компьютерные курсы, а также курсы по специальности. Они принимают активное участие в международных и межрегиональных научно-практических конференциях, симпозиумах и конгрессах, имеет свидетельства и сертификаты (Уфа, 2002; Бишкек,

2003; Алматы, 2005; Орел, 2006; Бухара, 2008; Ярославль, 2010, Москва, 2015 и т.д.).

С момента организации кафедры были разработаны и рекомендованы к печати более 300 научных трудов, в том числе научные статьи, учебные и учебно-методические пособия, рекомендации и рационализаторские предложения, авторские свидетельства и патенты [11].

Анатомия человека – фундаментальная наука и учебная дисциплина, поэтому научная работа кафедры анатомии человека интегрируется с научной работой других кафедр университета и кафедрами вузов некоторых стран СНГ.

Так, в 2011 году на основании взаимных договоров и соглашений между международным морфологическим Центром пластикации и кафедрой были получены анатомические пластикационные препараты в 7 наименованиях: «Сагиттальный распил головы с демонстрацией органов полости рта и полости носа», «Сосуды и нервы головы и шеи (поверхностные, глубокие)», «Сердце с легкими», «Сосуды внутренних органов грудной клетки и брюшной полости», «Сосуды и нервы плечевого пояса и свободной верхней конечности», «Сосуды и нервы тазового пояса и свободной нижней конечности» и «Мышцы туловища».

«Сердцем» любой анатомической кафедры является ее музей. В воспоминаниях Н.И. Пирогова и других выдающихся деятелей науки и культуры именно анатомический театр предстает не только яркой страницей студенческой биографии, но и надежным базисом практической деятельности врача [10]. На данном отрезке времени учебный музей анатомии человека «Адам таануу» медицинского факультета располагает достаточным учебно-научным потенциалом, позволяющим решать одновременно многие задачи. В нем нашли отражение основные разделы анатомии человека. В данное время количество препаратов, муляжей, планшетов, таблиц и рентгенограмм превышает 2000.

Размещение влажных натуральных препаратов подчинено системному пониманию строения тела человека, способствуя наиболее легкому и сознательному восприятию фактического материала. Стенды украшают картины из пластикационных препаратов, на которых изображены различные органы и системы организма человека, и конечно, представлены их оригиналы.

Оформление музея по истории анатомии представлено картинками великих анатомов, которые знакомят посетителей с основными этапами развития анатомии как науки - с древних времен до настоящего времени.

Вновь созданы разделы: “Рентгенанатомия”, “Электрифицированные модели по мышечной системе”, “Хирургический инструментарий” и др.

Приобретены новые анатомические планшеты и муляжи по внутренним органам, опорно-двигательной системе, реставрированы настенные анатомические картины. Проведены капитальные ремонтно-восстановительные работы в морге и реконструировано его внутреннее оборудование.

Постоянными посетителями музея являются студенты I – II курсов, изучающие анатомию человека по учебному плану. Нередкими посетителями являются студенты старших курсов и врачи-ординаторы, приходящие для повторения и более глубокого изучения частных разделов анатомии. С большим интересом посещают музей учащиеся старших классов средних школ, лицеев и студенты медицинских училищ.

Большой вклад в развитие кафедры вносили ее сотрудники с многолетним стажем: к.м.н., доцент Р.А. Ахунжанов, к.м.н., доцент Джолдубаев С.Дж., к.м.н., доцент Сакибаев К.Ш., зав. кабинетом Б. Чырмашова и многие другие.

На высоком научно-методическом уровне используются новейшие технологии обучения. Имеются мультимедийные проекторы, телевизоры, кодоскопы, слайдоскопы, комплекс CD-дисков, микроскопы, видеоманитофоны. Активно используются возможности мультимедийной библиотеки и Интернет-зала университета. Насчитывается около 600 таблиц по дисциплинам кафедры. В целом библиотечный фонд кафедры представлен более 1500 учебными изданиями, в том числе электронными учебными пособиями, аудио-, видеоматериалами и интернет-ресурсами [11].

Таким образом, более чем за 20-летний период своего существования кафедра «Анатомии» медицинского факультета ОшГУ, совершенствуясь по мере прогресса естественных наук, сохранила и развила традиции, заложенные ее основателями. Это помогало всегда искать и воспринимать все то новое, что позволяет ей решать задачи научной и практической медицины и на этой основе совершенствовать обучение студентов.

#### Литература:

1. Балалыкин Д.А., Шок Н.П., Щеглов А.П. Га-лен: врач и философ. - М.: Издательство Весть, 2014. – 416 с.
2. Балалыкин Д.А. Российские научные приоритеты в исследовании физиологии и экспериментальной хирургии желудка в XIX - начале XX в. - 2-е изд. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. - 224 с.
3. Демихов В.П. Избранные труды / Антология истории русской хирургии. Под редакцией Д.А.Балалыкина. - Т. 5. - М.:Весть, 2011. - 256.
4. Жданов Д. А. // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. - 1965. - № 11. - С. 93 - 105.
5. Жданов Д. А. Лекции по функциональной анатомии человека. - М.: Медицина, 1979. - 316 с.
6. История хирургии пищевода в России в XIX-XX веках (1888-1988 гг.) / Антология русской хирургии. Под редакцией Д.А.Балалыкина. - Т. 6. - М.:Весть, 2012. – 735.
7. Петренко В. М. // Актуальные проблемы современной морфологии / под ред. ПЗО, проф. В.М. Петренко; СПбГМА им. И. И. Мечникова. - СПб.: Изд-во ДЕАН, 2008. - С. 5.
8. Сапин М. Р., Бочаров В. Я. // Морфология. - 2008. - № 4. - С. 50 - 52.

9. Сапин М. Р., Никитюк Д. Б. Д. А. Жданов в науке и жизни (1908 -1971). - М.: ИД «Русский врач», 2008. - 72 с.

10. Сапин М. Р., Никитюк Д. В. // Морфология. - 2008. -№ 4. - С. 47 - 49.

11. <http://www.oshsu.kg>

**Панчук Олександр Юхимович**

*кандидат медичних наук, докторант кафедри загальної гігієни та екології,  
Вінницький національний медичний університет імені М.І. Пирогова*

**Panchuk O.Y.**

*Candidate of Medical Sciences,*

*Doctoral student of the Department of General Hygiene and Ecology,  
Vinnitsya National Medical University named Pirogov*

**METHODS PRINCIPLES OF ANALYSIS CONTINGENCY TABLES TO ASSESS THE DEGREE EFFICIENCY OF PROGRAMS PREVENTIVE, CORRECTIVE AND REHABILITATIVE CONTENT IN THE FIELD OF UNIVERSITY HYGIENE**

**МЕТОДИЧНІ ПРИНЦИПИ АНАЛІЗУ ТАБЛИЦЬ СПРЯЖЕНОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМ ПРОФІЛАКТИЧНОГО, КОРЕКЦІЙНОГО ТА РЕАБІЛІТАЦІЙНОГО ЗМІСТУ У ГАЛУЗІ УНІВЕРСИТЕТСЬКОЇ ГІГІЄНИ**

**Summary:** The data of the research confirm the fact that the method of comparing the frequency of binary features two independent groups on the analysis of contingency tables  $2 \times 2$  is extremely promising procedure for the implementation of predictive assessment of the degree of efficiency of various programs of preventive, corrective and rehabilitative content in the field of university hygiene, appropriate and valid means of decision of actual problems of preventive medicine. As the leading methodological basis of analysis of contingency tables to assess the efficiency of programs preventive, corrective and rehabilitative content should be noted: (1) identify and thorough analysis of programs and complexes of measures, that implemented and subject to meaningful interpretation and hygienic assessment (2) selection and use of appropriate modern requirements techniques of research, (3) construction of contingency tables  $2 \times 2$  and compare the results to assess the expression of the effect that can be either essential or irrelevant and totally absent on the basis of the use of certain statistical calculations and determination of parameters as absolute probability absolute difference probability and relative the rate of increase relative probabilities and odds ratio; (4) evaluation of the reliability of the results based on the value of the confidence intervals for the difference relative frequencies, relative probabilities and odds ratio. Obtained during the performed research data confirm the presence of a pronounced positive effect of the impact of complex of measures to optimize vocational training psychohygienic correcting the course professional adaptation and prevention of adverse changes in the psychophysiological state of the organism and professional deformation of personality of future dentists during training that is designed as on the development of physiological functions and the processes of formation of personality features of girls and youths that get basic dental specialty.

**Key words:** university hygiene, programs of preventive, corrective and rehabilitative content, contingency tables, degree of efficiency, methodological principles of analysis.

**Анотація:** Дані проведених досліджень засвідчують той факт, що методика порівняння частот бінарної ознаки в двох незалежних групах на підставі аналізу таблиць спряженості  $2 \times 2$  є надзвичайно перспективною процедурою здійснення прогностичної оцінки ступеня ефективності використання різноманітних програм профілактичного, корекційного та реабілітаційного змісту у галузі університетської гігієни, доцільним та коректним засобом вирішення актуальних проблем профілактичної медицини. Як провідні методичні основи аналізу таблиць спряженості для оцінки ступеня ефективності використання програм профілактичного, корекційного та реабілітаційного змісту слід відзначити: (1) визначення та ґрунтовний аналіз програм та комплексів заходів, що впроваджуються та підлягають змістовному тлумаченню і гігієнічній оцінці; (2) підбір та використання адекватних сучасним вимогам методик наукових досліджень; (3) побудова таблиць спряженості  $2 \times 2$  та порівняння отриманих результатів для оцінки ступеня вираження ефекту, який може бути або суттєвим або несуттєвим та повністю відсутнім, на підставі використання певних статистичних розрахунків і визначення таких показників, як абсолютна імовірність, різниця абсолютної імовірності, відносна імовірність, ступінь підвищення відносної імовірності та відношення шансів; (4) оцінка ступеня достовірності отриманих результатів на основі даних щодо величин довірчих інтервалів для різниці відносних частот, відносної імовірності і відношення шансів. Одержані в ході дослідження дані підтверджують наявність вираженого позитивного ефекту впливу комплексу заходів щодо оптимізації професійного навчання, психогігієнічної корекції перебігу професійної адаптації і запобігання виникнення несприятливих змін у психофізіологічному стані їх організму та професійних деформацій особистості майбутніх лікарів-стоматологів на етапі навчання, що розроблений, як на процеси формування психофізіологічних функцій, так і на процеси формування особливостей особистості дівчат і юнаків, які здобувають основні стоматологічні спеціальності.

**Ключові слова:** університетська гігієна. програми профілактичного, корекційного та реабілітаційного змісту, таблиці спряженості, оцінка ефективності, методичні принципи аналізу.

**Постановка проблеми.** В теперішній час у структурі наукових досліджень в галузі теоретичної, клінічної та профілактичної медицини, вагоме місце займають дослідження, спрямовані на визначення ступеня ефективності використання різноманітних програм профілактичного, корекційного та реабілітаційного змісту, здійснюється активний пошук, з одного боку, інформативних і точних, з іншого, простих і доступних методів та методик [5, 7, 9, 10]. Саме до числа подібних слід віднести методику порівняння частот бінарної ознаки в двох незалежних групах на підставі аналізу таблиць спряженості [1, 2, 3, 4].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В ході досліджень, які проведені протягом останнього часу на підставі застосування таблиць спряженості  $2 \times 2$ , отримані дані відносно ступеня ефективності використання програм психогігієнічної корекції процесів формування психофізіологічного статусу та особистісних властивостей учнів шкільного віку [8, 9, 10]. Проте дані щодо особливостей використання зазначеної методики серед студентської молоді, яка перебуває в умовах навчання у сучасних вищих навчальних закладах (ВНЗ), ще майже ніколи не були предметом наукових досліджень подібного змісту.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Оцінюючи наведене, слід відзначити, що методика порівняння частот бінарної ознаки в двох незалежних групах на підставі аналізу таблиць спряженості, передусім таблиць спряженості  $2 \times 2$ , з одного боку, доводить свою перспективність, доцільність та високу інформативність, з іншого, такий підхід практично ніколи не використовувався у галузі університетської гігієни з позицій здійснення поглибленої фізіолого-гігієнічної оцінки визначення ступеня ефективності оздоровчо-профілактичних заходів, які запроваджуються.

**Мета статті.** Метою дослідження є наукове обґрунтування методичних принципів застосування технології порівняння частот бінарної ознаки в двох незалежних групах на підставі аналізу таблиць спряженості для оцінки ступеня ефективності використання різноманітних програм профілактичного, корекційного та реабілітаційного змісту у галузі університетської гігієни.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження, в ході яких оцінювався цілий ряд провідних психофізіологічних функцій і особливостей особистості проводились серед студентів стоматологічного факультету Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова, що були поділені на 2 групи: групу контролю (ГК) і групу втручання (ГВ). Студенти, залучені до ГК, займалися згідно із традиційною системою здобуття основних стоматологічних спеціальностей. Головною відмінною рисою організації навчальної і позанавчальної діяльності студентів ГВ було застосування комплексу заходів щодо оптимізації професійного навчання, психогігієнічної корекції перебігу професійної адаптації і запобігання виникнення несприятливих

змін у психофізіологічному стані їх організму та професійних деформацій особистості майбутніх лікарів-стоматологів на етапі навчання у медичному ВНЗ. Основними етапами практичної реалізації розробленого комплексу було: здійснення корекції основних режимних елементів добової діяльності студентів (етап раціональної організації добової діяльності), запровадження вправ професійно-прикладної фізичної підготовки з метою забезпечення пріоритетного розвитку професійного-значущих характеристик функціональних та фізичних можливостей організму дівчат і юнаків (етап професійно-прикладної фізичної підготовки), оптимізацію психофізіологічного стану та пріоритетний розвиток психофізіологічних функцій (етап психофізіологічної реабілітації), а також забезпечення активного формування особливостей особистості (етап психогігієнічної корекції).

Функціональні особливості вищої нервової діяльності оцінювались на підставі використання методики хронорефлексометрії, що передбачала визначення показників латентного періоду простої і диференційованої зорово-моторної реакції, рухомості і врівноваженості нервових процесів. Визначення функціональних можливостей зорової сенсорної системи передбачало оцінку величин критичної частоти злиття світлових миготінь на підставі застосування методики "Світлотест". Особливості функціонального стану соматосенсорного аналізатора та зорово-рухової координації оцінювали шляхом вивчення показників координації рухів студентів відповідно до даних тремометрії. З метою проведення комплексної оцінки показників стійкості і переключення уваги, а також визначення особливостей провідних характеристик розумової працездатності студентів використовували методику Шульте, яка передбачала відшукування досліджуваними особами чисел від 1 до 25, розташованих у довільному порядку на 5 спеціальних таблицях поспіль, з наступним визначенням показників ефективності праці, яка виконується, ступеня втягнення у виконувану діяльність та психічної стійкості [7, 10].

Властивості темпераменту визначались на підставі використання опитувальників Айзенка та Русалова, рівень ситуативної (реактивної) і особистісної тривожності – шляхом застосування опитувальника Спілбергера, особливості характеру – завдяки використанню опитувальників Шмішека, Кеттелла і Mini-mult, рівень суб'єктивного контролю – на підставі використання опитувальника Роттера, властивості агресивності – шляхом застосування опитувальника Басса і Дарки, рівень астенічних і депресивних проявів – завдяки використанню опитувальника Малкової і психометричної шкали Цунга, характеристики емпатичних здібностей і рівня емоційного вигорання – на підставі використання спеціальних варіантів опитувальників, розроблених Бойко тощо [6].

Статистичний аналіз одержаних даних здійснювався шляхом використання пакету прикладних програм багатомірного статистичного

аналізу "Statistica 6.1 for Windows" (ліцензійний № АХХ910А374605FA).

Для здійснення об'єктивізації одержаних даних і визначення осіб, які мають найбільш виражену схильність до появи позитивних зрушень в умовах запровадження розробленого підходу використовувалась методика порівняння частот бінарної ознаки в двох непов'язаних між собою і, отже, незалежних групах на підставі аналізу спряженості таблиць  $2 \times 2$ . Її застосування передбачало здійснення порівняння отриманих результатів для оцінки ступеня вираження ефекту, який може бути або суттєвим ( $A - y$  ГВ,  $C - y$  ГК), або несуттєвим та повністю відсутнім ( $B - y$  ГВ,  $D - y$  ГК), на основі використання певних статистичних розрахунків та визначення таких показників, як абсолютна імовірність (AI), різниця абсолютної імовірності (PAI), відносна імовірність (BI), ступінь підвищення відносної імовірності (СПВІ) та відношення шансів (ВШ).

$$\text{СПВІ} = \frac{[A / (A + B)] - [C / (C + D)]}{C / (C + D)}; \quad (5)$$

Зрештою, характеристики ВШ, що визначають співвідношення ступеня імовірності появи певних позитивних за своїм змістом подій в групі, яка окремо виділена, до ступеня появи аналогічних подій

$$\text{ВШ} = \frac{A / B}{C / D}; \quad (6)$$

Отже, результати здійснення узагальненого аналізу одержаних даних, що передбачав визначення наявності або відсутності позитивного ефекту

Відповідно до запропонованого підходу значення AI серед студентів груп порівняння мають бути визначені за формулами (1) та (2):

$$AI_{ГВ} = A / (A + B); \quad (1)$$

$$AI_{ГК} = C / (C + D); \quad (2)$$

PAI, що надає можливість оцінити відмінності відносної частоти появи сприятливих результатів серед представників груп порівняння, визначається за формулою (3):

$$PAI = [A / (A + B)] - [C / (C + D)]; \quad (3)$$

BI, яка являє собою співвідношення величин AI стосовно виникнення певної позитивної за змістом події в групах порівняння, розраховується згідно із формулою (4):

$$BI = \frac{A / (A + B)}{C / (C + D)} \quad (4)$$

СПВІ вираховується як відношення різниці AI до частоти появи певних результатів у ГК за формулою (5):

в іншій окремо виділеній групі, визначаються згідно з формулою (6):

кту внаслідок використання запропонованого підходу за кожної психофізіологічною функцією, що досліджувалась, серед дівчат і юнаків, наведені в таблицях 1-2.

Таблиця 1

**Дані щодо наявності або відсутності позитивного ефекту з боку психофізіологічних функцій організму студенток-дівчат внаслідок впровадження комплексу заходів, спрямованих на оптимізацію професійного навчання у вищому медичному навчальному закладі**

Групи порівняння	n	Ефект є суттєвим		Ефект є несуттєвим або немає ефекту	
		абс.	%	абс.	%
Група втручання	330	305 (A)	92,4	25 (B)	7,6
Група контролю	330	176 (C)	53,3	154 (D)	46,7



**Дані щодо наявності або відсутності позитивного ефекту з боку психофізіологічних функцій організму студентів-юнаків внаслідок впровадження комплексу заходів, спрямованих на оптимізацію професійного навчання у вищому медичному навчальному закладі**

Групи порівняння	n	Ефект є суттєвим		Ефект є несуттєвим або немає ефекту	
		абс.	%	абс.	%
Група втручання	330	301 (A)	91,2	29 (B)	8,8
Група контролю	330	197 (C)	59,7	133 (D)	40,3

Згідно із основними положеннями методики порівняння частот бінарної ознаки в двох незалежних групах шляхом аналізу таблиць спряженості  $2 \times 2$  під час аналізу показників психофізіологічних – серед дівчат:

$$AI_{ГВ} = A / (A + B) = 305 / (305 + 25) = 0,924 \text{ ум. од.}; \quad (7)$$

$$AI_{ГК} = C / (C + D) = 176 / (176 + 154) = 0,533 \text{ ум. од.}; \quad (8)$$

– серед юнаків:

$$AI_{ГВ} = A / (A + B) = 301 / (301 + 29) = 0,912 \text{ ум. од.}; \quad (9)$$

$$AI_{ГК} = C / (C + D) = 197 / (197 + 133) = 0,597 \text{ ум. од.} \quad (10)$$

Таким чином, дані, одержані в ході проведення динамічних спостережень, засвідчували значно більшу AI ресстрації позитивних зрушень з боку досліджуваних психофізіологічних функцій серед студентів ГВ (в дещо більший, проте цілком порівняний, мірі у дівчат) в результаті запровадження – серед дівчат:

$$PAI_{д} = [A / (A + B)] - [C / (C + D)] = [305 / (305 + 25)] - [176 / (176 + 154)] = 0,391 \text{ ум. од.}; \quad (11)$$

– серед юнаків:

$$PAI_{д} = [A / (A + B)] - [C / (C + D)] = [301 / (301 + 29)] - [197 / (197 + 133)] = 0,315 \text{ ум. од.} \quad (12)$$

Отже, результати, що реєструвались, також вказували суттєве підвищення рівня AI в умовах використання запропонованого під час проведення наукових досліджень комплексу заходів щодо оптимізації професійного навчання, психогігієнічної корекції перебігу професійної адаптації і запобігання виникнення несприятливих змін у психофізіологічному стані їх організму та професійних деформацій особистості майбутніх лікарів-стоматологів на етапі навчання у медичному ВНЗ.

– серед дівчат:

$$VI = \frac{A / (A + B)}{C / (C + D)} = \frac{305 / (305 + 25)}{176 / (176 + 154)} \cong 1,733 \text{ ум. од.}; \quad (13)$$

– серед юнаків:

$$VI = \frac{A / (A + B)}{C / (C + D)} = \frac{301 / (301 + 29)}{197 / (197 + 133)} \cong 1,527 \text{ ум. од.} \quad (14)$$

Таким чином, отримані дані підкреслювали той факт, що використання основних положень розробленого комплексу заходів, незаперечно, зумовлювало більш високий ступінь імовірності появи виражених позитивних наслідків з боку критеріаль-

функцій, які досліджувались (всього 11 показників у 30 дівчат і 30 юнаків – загалом 330 спостережень), значення AI серед студентів груп порівняння визначались за формулами (7-10):

комплексу заходів, який був розроблений.

PAI, який надає можливість здійснити оцінку відмінності відносно частоти появи сприятливих результатів серед осіб, що відносяться до груп порівняння, визначалась за формулами (11-12):

ологічному стані їх організму та професійних деформацій особистості майбутніх лікарів-стоматологів на етапі навчання у медичному ВНЗ.

Величини VI, що становить співвідношення величин AI відносно виникнення позитивної за своїм змістом події, серед представників груп порівняння, розраховувались за формулами (13-14):

них показників психофізіологічних функцій досліджуваних студентів ГВ, причому, як і в попередньому випадку у дівчат.

СПVI в ході досліджень, які проводились, вираховувався як відношення PAI до частоти появи певних результатів у ГК за формулами (15-16):

$$\text{СПВІ} = \frac{[A / (A + B)] - [C / (C + D)]}{C / (C + D)} = \frac{[305 / (305 + 25)] - [176 / (176 + 154)]}{176 / (176 + 154)}$$

$$= 0,733 \text{ ум. од.} \quad (15)$$

– серед юнаків:

$$\text{СПВІ} = \frac{[A / (A + B)] - [C / (C + D)]}{C / (C + D)} = \frac{[301 / (301 + 29)] - [197 / (197 + 133)]}{197 / (197 + 133)}$$

$$= 0,527 \text{ ум. од.} \quad (16)$$

Зрештою, в ході визначення характеристик ВШ, що визначають особливості співвідношення ступеня імовірності появи певних позитивних за

своїм змістом подій в окремо виділеній групі і ступеня появи аналогічних подій в іншій окремо виділеній групі, на підставі використання формул (17-18):

$$\text{ВШ} = \frac{A / B}{C / D} = \frac{305 / 29}{197 / 133} = 7,101 \text{ ум. од.} \quad (17)$$

– серед юнаків:

$$\text{ВШ} = \frac{A / B}{C / D} = \frac{301 / 29}{197 / 133} = 7,008 \text{ ум. од.} \quad (18)$$

Отже, і значення СПВІ, що виявляють ступінь підвищення відносної імовірності появи позитивних за своїм змістом результатів, і величини ВШ, що визначають рівень переваги результатів, одержаних в ході визначення провідних психофізіологічних функцій серед студенток і студентів ГВ, над даними, властивими для студенток і студентів ГК, в повній мірі підтверджують наявність вираженого позитивного впливу комплексу заходів щодо оптимізації професійного навчання, психогігієнічної корекції перебігу професійної адаптації і запобігання виникнення несприятливих змін у психофізіологічному стані їх організму та професійних деформацій особистості майбутніх лікарів-стоматологів на етапі навчання у медичних ВНЗ, що розроблений. Про високий ступінь достовірності отриманих результатів свідчили і дані відносно визначення довірчих інтервалів для різниці відносних частот (довірчий інтервал не включав у свою структуру 0, і тому

відмінності між особами, які належали до груп порівняння, слід було вважати статистично значущими), для ВІ за методом Katz (довірчий інтервал був розміщений у правому від 1 просторовому полі і, отже, відносна імовірність була вищою у першому рядку стандартної таблиці  $2 \times 2$ , тобто серед студентів, які відносились до ГВ), а також для ВШ (довірчий інтервал був більшим за 1 та був розміщений справа від неї у просторі досліджуваних показників) і, таким чином, ВІ була вищою в першому рядку стандартної таблиці  $2 \times 2$ , тобто і в цьому разі серед студентів, які відносились до ГВ.

Аналогічні дані були отримані і у разі застосування методики порівняння частот бінарної ознаки в двох непов'язаних та незалежних між собою групах на підставі аналізу таблиць  $2 \times 2$  в ході визначення і оцінки показників щодо ступеня розвитку досліджуваних особливостей особистості (табл. 3-4).

Таблиця 3

**Дані щодо наявності або відсутності позитивного ефекту з боку особливостей особистості студенток-дівчат внаслідок впровадження комплексу заходів, спрямованих на оптимізацію професійного навчання у вищому медичному навчальному закладі**

Групи порівняння	n	Ефект є суттєвим		Ефект є несуттєвим або немає ефекту	
		абс.	%	абс.	%
Група втручання	1380	1046 (A)	75,8	334 (B)	24,2
Група контролю	1380	465 (C)	33,7	915 (D)	66,3

**Дані щодо наявності або відсутності позитивного ефекту з боку психофізіологічних функцій організму студентів-юнаків внаслідок впровадження комплексу заходів, спрямованих на оптимізацію професійного навчання у вищому медичному навчальному закладі**

Групи порівняння	n	Ефект є суттєвим		Ефект є несуттєвим або немає ефекту	
		абс.	%	абс.	%
Група втручання	1380	998 (A)	72,3	382 (B)	27,7
Група контролю	1380	495 (C)	35,9	885 (D)	64,1

Згідно із основними положеннями методики порівняння частот бінарної ознаки в двох незалежних групах шляхом аналізу таблиць спряженості  $2 \times 2$  під час аналізу показників особливостей особистості, які досліджувались (всього 46 показників у – серед дівчат:

$$AI_{ГВ} = A / (A + B) = 1046 / (1046 + 334) = 0,757 \text{ ум. од.} \quad (19)$$

$$AI_{ГК} = C / (C + D) = 465 / (465 + 915) = 0,336 \text{ ум. од.}; \quad (20)$$

– серед юнаків:

$$AI_{ГВ} = A / (A + B) = 998 / (998 + 382) = 0,723 \text{ ум. од.} \quad (21)$$

$$AI_{ГК} = C / (C + D) = 495 / (495 + 885) = 0,358 \text{ ум. од.} \quad (22)$$

Отже, дані, одержані в ході проведення динамічних спостережень, засвідчували значно більшу AI реєстрації позитивних зрушень з боку досліджуваних особливостей особистості серед студентів ГВ (в дещо більшій, проте цілком порівняній мірі, як і у випадку визначення психофізіологічних функцій,

– серед дівчат:

$$PAI_d = [A / (A + B)] - [C / (C + D)] = [1046 / (1046 + 334)] - [465 / (465 + 915)] = 0,421 \text{ ум. од.}; \quad (23)$$

– серед юнаків:

$$PAI_d = [A / (A + B)] - [C / (C + D)] = [998 / (998 + 382)] - [495 / (495 + 885)] = 0,365 \text{ ум. од.} \quad (24)$$

Таким чином, результати, що реєструвались, також визначали суттєве підвищення рівня AI в умовах використання запропонованого під час проведення наукових досліджень комплексу заходів щодо оптимізації професійного навчання, психогігієнічної корекції перебігу професійної адаптації і запобігання виникнення несприятливих змін у психофізіологічному стані їх організму та професійних

– серед дівчат:

$$VI = \frac{A / (A + B)}{C / (C + D)} = \frac{1046 / (1046 + 334)}{465 / (465 + 915)} = 2,252 \text{ ум. од.}; \quad (25)$$

– серед юнаків:

$$VI = \frac{A / (A + B)}{C / (C + D)} = \frac{998 / (998 + 382)}{495 / (495 + 885)} = 2,019 \text{ ум. од.} \quad (26)$$

Отже, отримані дані підкреслювали той факт, що використання основних положень розробленого комплексу заходів, незаперечно, зумовлювало більш високий ступінь імовірності появи виражених позитивних наслідків з боку критеріальних показників особливостей особистості досліджуваних

30 дівчат і 30 юнаків – загалом 1380 спостережень), значення AI серед студентів груп порівняння визначались за формулами (19-22):

у дівчат) в результаті запровадження комплексу заходів, який був розроблений.

PAI, який надає можливість здійснити оцінку відмінності відносної частоти появи сприятливих результатів серед осіб, що відносяться до груп порівняння, визначалась за формулами (23-24):

деформацій особистості майбутніх лікарів-стоматологів на етапі навчання у медичних ВНЗ.

Величини VI, що становить співвідношення величин AI відносно виникнення позитивної за своїм змістом події, серед представників груп порівняння, розраховувались за формулами (25-26):

студентів ГВ, причому, як і в попередньому випадку у дівчат.

СПВІ в ході досліджень, які проводились, вираховувався як відношення PAI до частоти появи певних результатів у ГК за формулами (27-28):

– серед дівчат:

$$\text{СПВІ} = \frac{[A / (A + B)] - [C / (C + D)]}{C / (C + D)} = \frac{[1046 / (1046 + 334)] - [465 / (465 + 915)]}{465 / (465 + 915)}$$

$$= 1,252 \text{ ум. од.}; \quad (27)$$

– серед юнаків:

$$\text{СПВІ} = \frac{[A / (A + B)] - [C / (C + D)]}{C / (C + D)} = \frac{[998 / (998 + 382)] - [197 / (197 + 133)]}{197 / (197 + 133)}$$

$$= 1,019 \text{ ум. од.} \quad (28)$$

Зрештою, в ході визначення характеристик ВШ, що визначають особливості співвідношення ступеня імовірності появи певних позитивних за

своїм змістом подій в окремо виділеній групі і ступеня появи аналогічних подій в іншій окремо виділеній групі, на підставі використання формул (29-30):

– серед дівчат:

$$\text{ВШ} = \frac{A / B}{C / D} = \frac{1046 / 334}{465 / 915} = 6,163 \text{ ум. од.}; \quad (29)$$

– серед юнаків:

$$\text{ВШ} = \frac{A / B}{C / D} = \frac{998 / 382}{995 / 885} = 2,323 \text{ ум. од.} \quad (30)$$

Отже, і значення СПВІ, що виявляють ступінь підвищення відносної імовірності появи позитивних за своїм змістом результатів, і величини ВШ, що визначають рівень переваги результатів, одержаних в ході визначення провідних особливостей особистості серед студенток і студентів ГВ, над даними, властивими для студенток і студентів ГК, в повній мірі підтверджують вираженого позитивного впливу комплексу заходів щодо оптимізації професійного навчання, психогігієнічної корекції перебігу професійної адаптації і запобігання виникнення несприятливих змін у психофізіологічному стані їх організму та професійних деформацій особистості майбутніх лікарів-стоматологів на етапі навчання у медичному ВНЗ, що розроблений. Про високий ступінь достовірності отриманих результатів свідчили і дані відносно визначення довірчих інтервалів для різниці відносних частот (довірчий інтервал не включав у свою структуру 0, і тому відмінності між особами, які належали до груп порівняння, слід було вважати статистично значущими), для ВІ за методом Katz (довірчий інтервал був розміщений у правому від 1 просторовому полі і, отже, відносна імовірність була вищою у першому рядку стандартної таблиці  $2 \times 2$ , тобто серед студентів, які відносились до ГВ), а також для ВШ (довірчий інтервал був більшим за 1 та був розміщений справа від неї у просторі досліджуваних показників) і, таким чином, ВІ була вищою в першому рядку стандартної таблиці  $2 \times 2$ , тобто і в цьому разі

серед студентів, які відносились до ГВ.

Отже, результати проведених досліджень переконливо засвідчують той факт, що як провідні методичні основи аналізу таблиць спряженості для оцінки ступеня ефективності використання програм профілактичного, корекційного та реабілітаційного змісту у галузі університетської гігієни слід відзначити: визначення та ґрунтовний аналіз програм та комплексів заходів профілактичного, корекційного та реабілітаційного змісту, що впроваджуються та підлягають змістовному тлумаченню і гігієнічній оцінці, підбір та використання адекватних сучасним вимогам методик наукових досліджень, побудова таблиць спряженості  $2 \times 2$  та порівняння отриманих результатів для оцінки ступеня вираження ефекту, який може бути або суттєвим або несуттєвим та повністю відсутнім, на підставі використання певних статистичних розрахунків і визначення таких показників, як абсолютна імовірність, різниця абсолютної імовірності, відносна імовірність, ступінь підвищення відносної імовірності та відношення шансів; оцінка ступеня достовірності отриманих результатів на основі даних щодо величини довірчих інтервалів для різниці відносних частот, відносної імовірності і відношення шансів.

### Висновки і пропозиції

1. Методика порівняння частот бінарної ознаки в двох незалежних групах на підставі аналізу таб-

лиць спряженості  $2 \times 2$  є надзвичайно перспективною процедурою здійснення, цілком адекватної, виходячи їх сучасних вимог, прогностичної оцінки ступеня ефективності використання різноманітних програм профілактичного, корекційного та реабілітаційного змісту у галузі університетської гігієни, доцільним та коректним засобом актуальних проблем профілактичної медицини.

2. Як провідні методичні основи аналізу таблиць спряженості для оцінки ступеня ефективності використання програм профілактичного, корекційного та реабілітаційного змісту у галузі університетської гігієни слід відзначити: (1) визначення та ґрунтовний аналіз програм та комплексів заходів, що впроваджуються та підлягають змістовному тлумаченню і гігієнічній оцінці; (2) підбір та використання адекватних сучасним вимогам методик наукових досліджень; (3) побудова таблиць спряженості  $2 \times 2$  та порівняння отриманих результатів для оцінки ступеня вираження ефекту, який може бути або суттєвим або несуттєвим та повністю відсутнім, на підставі використання певних статистичних розрахунків і визначення таких показників, як абсолютна імовірність, різниця абсолютної імовірності, відносна імовірність, ступінь підвищення відносної імовірності та відношення шансів; (4) оцінка ступеня достовірності отриманих результатів на основі даних щодо величин довірчих інтервалів для різниці відносних частот, відносної імовірності і відношення шансів.

3. Одержані дані підтверджують наявність вираженого позитивного ефекту впливу комплексу заходів щодо оптимізації професійного навчання, психогігієнічної корекції перебігу професійної адаптації і запобігання виникнення несприятливих змін у психофізіологічному стані їх організму та професійних деформацій особистості майбутніх лікарів-стоматологів на етапі навчання, що розроблений, як на процеси формування професійно-значущих психофізіологічних функцій, так і на процеси формування професійно-значущих особливостей особистості дівчат і юнаків, які здобувають основні стоматологічні спеціальності в умовах перебування у закладах вищої медичної освіти.

#### Список літератури:

1. Антомонов М. Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М. Ю. Антомонов – К., 2006. – 558 с.
2. Бююль А. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей / А. Бююль, П. Ефель. – СПб: ООО “ДиаСофтЮП”, 2005. – 608 с.
3. Наследов А. Д. SPSS: Компьютерный анализ данных в психологии и социальных науках // А. Д. Наследов. – СПб.: Питер, 2005. – 416 с.
4. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ Statistica // О. Ю. Реброва – М.: МедиаСфера, 2006. – 312 с.
5. Полька Н. С. Актуальные проблемы психогигиены детей і підлітків: шляхи та перспективи їх вирішення (огляд літератури і власних досліджень) / Н. С. Полька, І. В. Сергета // Журнал НАМН України. – 2012. – т. 18, №2. – С. 223-236.
6. Практическая психодиагностика. Методики и тесты / Под ред. Д. Я. Райгородского. – Самара: Издательский дом “Бахрах-М”, 2011. – 667с.
7. Сергета І. В. Організація вільного часу та здоров'я школярів / І. В. Сергета, В. Г. Бардов. – Вінниця: РВВ ВАТ “Віноблдрукарня”, 1997. – 292 с.
8. Сергета І. В. Перспективи використання методики порівняння частот бінарної ознаки в двох незалежних групах на підставі аналізу таблиць  $2 \times 2$  для розв'язання актуальних проблем профілактичної медицини та біомедичної антропології / І. В. Сергета, О. П. Мостова // Вісник морфології. – 2010. – №4. – С. 962-965.
9. Сергета І. В. Донозологічні зрушення у стані психічного здоров'я: сучасні психогігієнічні підходи до тлумачення, діагностики та оцінки / І. В. Сергета // Науковий журнал Міністерства охорони здоров'я України. – 2013. – №3 (4). – С. 36-49.
10. Сердюк А. М. Психогигиена детей и подростков, страдающих хроническими соматическими заболеваниями / А. М. Сердюк, Н. С. Полька, І. В. Сергета. – Вінниця: Нова книга, 2012. – 336 с.

V.K.Taschuk

Doctor of medical sciences, professor

Mohammed vasek Obeid Al Salama<sup>(1)</sup>

Assistant of department

O.P.Dinova<sup>(2)</sup>

Cardiologist

AA Lisovenko<sup>(3)</sup>

Cardiologist

<sup>1</sup>Higher education institution in Ukraine "Bukovinian State Medical University"

<sup>2</sup>Chernivtsi Regional Clinical Cardiology Clinic

<sup>3</sup>Swedish-Ukrainian medical center Angelholm, Chernivtsi

## IMPACT OF CHANGES IN URIC ACID LEVEL THE FUNCTIONAL STATE OF THE MYOCARDIUM AND BIOMARKERS AND HEMOSTASIS PARAMETERS IN PATIENTS OF STABLE ANGINA

### ВПЛИВ ЗМІН РІВНЯ СЕЧОВОЇ КИСЛОТИ НА ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН МІОКАРДУ ТА БІОМАРКЕРИ І ГОМЕОСТАЗИОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ У ХВОРИХ НА СТАБІЛЬНУ СТЕНОКАРДІЮ

**Summary:** To study the impact of changes in uric acid levels on the functional state of the myocardium and biomarkers and hemostasis parameters of patients with stable angina examined 120 patients diagnosed with stable angina. Determined that predictors of hyperuricemia (HU) is the female gender regardless of uric acid levels and older age after exceeding uric acid levels over 467.9 mmol / l. HU causes more frequent development heavier stable angina regardless of uric acid levels, against a hemodynamically significant coronary artery lesions (CA). Achievement of uric acid levels over 467.9 mmol / l accompanied by increased brain natriuretic peptide, indicating more heart failure progression.

**Keywords:** Hyperuricemia, hemostasis indices of left ventricular hypertrophy.

**Анотація.** З метою вивчення впливу змін рівня сечової кислоти (СК-ти) на функціональний стан міокарду та біомаркери і гомеостазиологічні показники хворих на стабільну стенокардію обстежено 120 пацієнтів з діагнозом стабільної стенокардії (СтСт). Визначено, що предикторами гіперурикемії (ГУ) є жіноча стать незалежно від рівня СК-ти та старший вік після перевищення рівня СК-ти понад 467,9 мкмоль/л. ГУ обумовлює частіший розвиток тяжчої СтСт незалежно від рівня СК-ти, на тлі більш гемодинамічно значимих уражень коронарних артерій (КА). Досягнення рівня СК-ти понад 467,9 мкмоль/л супроводжується підвищенням мозкового натрійуретичного пропептиду, що вказує на частіше прогресування серцевої недостатності.

**Ключові слова:** Гіперурикемія, гомеостазиологічні показники, гіпертрофія лівого шлуночка.

**Вступ.** За останні роки відмічений ріст як безсимптомної, так і клінічно маніфестної гіперурикемії (ГУ), що, за даними різних дослідників, виявляється у 3-38% людей [3]. У ряді великих клінічних досліджень доведене важливе місце ГУ в патогенезі артеріальної гіпертензії, ішемічної хвороби серця (ІХС), хронічної серцевої недостатності (СН) [2], що можна пояснити негативним впливом сечової кислоти (СК-ти) на судинні функції через прооксидантні ефекти і за рахунок зменшення біодоступності оксиду азоту, та, як наслідок, індукцією дисфункції ендотелію судин [13]. СК-та визначена маркером тяжкості ІХС, а за деякими даними, зокрема результатами дослідження EVINCI [10], корелює з наявністю та тяжкістю анатомічної коронарної оклюзії та ішемії міокарда [21]. Поєднання ГУ та ІХС призводить до погіршення якості життя хворих та сприяє розвитку передчасної інвалідності внаслідок ускладнень [3]. Згідно з результатами дослідження MONICA/CORA, Роттердамського дослідження та інших, кардіоваскулярний ризик, асоційований з підвищенням рівня СК-ти на 1 мг/дл, співставимий з підвищенням систолічного артеріального тиску (САТ) на 10 мм рт.ст. або підвищення рівня загального холестерину

(ЗХС) на 46 мг/дл [2]. На думку багатьох дослідників, доцільність подальшого вивчення патогенетичної та прогностичної ролі ГУ при ІХС не підлягає сумніву [1].

**Мета дослідження.** Вивчити вплив змін рівня сечової кислоти на функціональний стан міокарда, його коронарний резерв і біомаркери та гомеостазиологічні показники хворих на стабільну стенокардію.

**Матеріал і методи.** В дослідження включені 120 пацієнтів, що надійшли в Чернівецький обласний кардіологічний диспансер, були обстежені і проліковані з об'єктивізованим діагнозом стабільної стенокардії (СтСт) II (31 особа, 25,83% випадків) та III функціонального класу (ФК) (89 осіб, 74,17% випадків).

Дизайн дослідження побудований за критерієм розподілу ГУ (рівень СК-ти  $\leq$  357,0 мкмоль/л) в дві групи: 1-ша – без ознак ГУ (34 пацієнти, 28,33% випадків) та 2-га – з підвищеним рівнем СК-ти (86 осіб, 71,67% випадків). Критеріями вираженості ГУ, згідно з літературними даними [5, 15, 17, 18, 20], обрано рівні СК-ти в розподілі  $<386,66$  мкмоль/л,  $\geq 416,4$  мкмоль/л,  $\geq 467,9$  мкмоль/л та  $\geq 500,0$  мкмоль/л (34,17%, 44,17%, 32,50% та 26,67%

випадків відповідно). Окрім того, проведено розподіл у гендерному аспекті з показниками СК-ти  $\geq 303,37$  мкмоль/л для жінок та  $\geq 386,66$  мкмоль/л для чоловіків (95,95% та 65,98% випадків відповідно). На початку стаціонарного лікування та через 6 міс на амбулаторному етапі всім хворим проведено клінічне, лабораторне (з визначенням рівнів СК-ти, ЗХС, тригліцеридів (ТГ), креатиніну, мозкового натрійуретичного пропептиду (NT-proBNP), С-реактивного білку (СРБ), загального тестостерону (ЗТ) сироватки крові) дослідження. Коронарна ангіографія (КАГ) проведена 79 пацієнтам (65,83%) за допомогою біпланової рентгенохірургічної ангіографічної системи Infinix (Toshiba Corporation Medical Systems Company, Японія). Гемодинамічно значущим стенозом вважали стенозування  $\geq 50\%$  просвіту коронарної артерії (КА).

Статистична обробка. Статистична обробка отриманих даних проведена після створення бази даних з використанням електронних таблиць Microsoft® Office Excel з обрахуванням середніх значень, стандартних похибок середнього. Вірогідність різниці кількісних показників визначалася за допомогою t-критерію Стьюдента за нормального розподілу масивів та t-критерію Вілкоксона при ненормальному розподілі хоча б одного з масивів для двох залежних вибірок, аналогічно для двох незалежних вибірок за нормального розподілу масивів - 2-х вибіркової t-критерій Стьюдента і ненормального розподілу - U-критерій Вілкоксона.

**Результати дослідження та їх обговорення.**

Вік виявлений, як предиктор ГУ, оскільки пацієнти 1-ї групи є вірогідно старшими ( $52,36 \pm 0,54$  проти  $49,59 \pm 1,10$  років,  $p < 0,05$ ). Проте, вказана закономірність з'являється при перевищенні рівня СК-ти понад 467,9 мкмоль/л ( $52,95 \pm 0,64$  проти  $50,91 \pm 0,68$  років,  $p < 0,05$ ).

Аналогічно жіноча стать передбачає розвиток ГУ з переважанням частки жінок у 1-й групі ( $23,26 \pm 4,56$  проти  $8,82 \pm 4,86\%$  випадків,  $p < 0,05$ ).

У групі ГУ вірогідно частіше діагностована СтСт III ФК ( $87,21 \pm 3,60$  проти  $41,18 \pm 8,44\%$  випадків,  $p < 0,001$ ), незалежно від рівня СК-ти. Така ж залежність виявлена і щодо перенесеного в анамнезі Q-інфаркту міокарда (ІМ) ( $56,60 \pm 6,81$  проти  $32,84 \pm 8,05\%$  випадків,  $p < 0,05$ ) при практично однаковій частоті неQ-ІМ в анамнезі ( $19,40 \pm 6,78$  та  $10,26 \pm 4,86\%$  випадків,  $p > 0,5$ ).

При аналізі результатів, отриманих під час КАГ, відмічено, що ГУ є предиктором більш гемодинамічно значимих уражень КА, оскільки тільки в цій групі визначено стенозування  $>50\%$  передньої міжшлуночкової гілки (ПМШГ) лівої КА, огинаючої гілки (ОГ) ЛКА, правої КА та багатосудинне ураження КА ( $18,60 \pm 4,20$ ), ( $12,79 \pm 3,60$ ), ( $9,30 \pm 3,13$ ) та ( $24,42 \pm 4,63$ ) % випадків, відповідно ( $p < 0,01$ ), а також вірогідно рідше зустрічаються випадки гемодинамічно невагомих уражень КА ( $6,98 \pm 2,75$  проти  $38,24 \pm 8,33\%$  випадків,  $p < 0,001$ ). Дані наведені на рисунку 1.

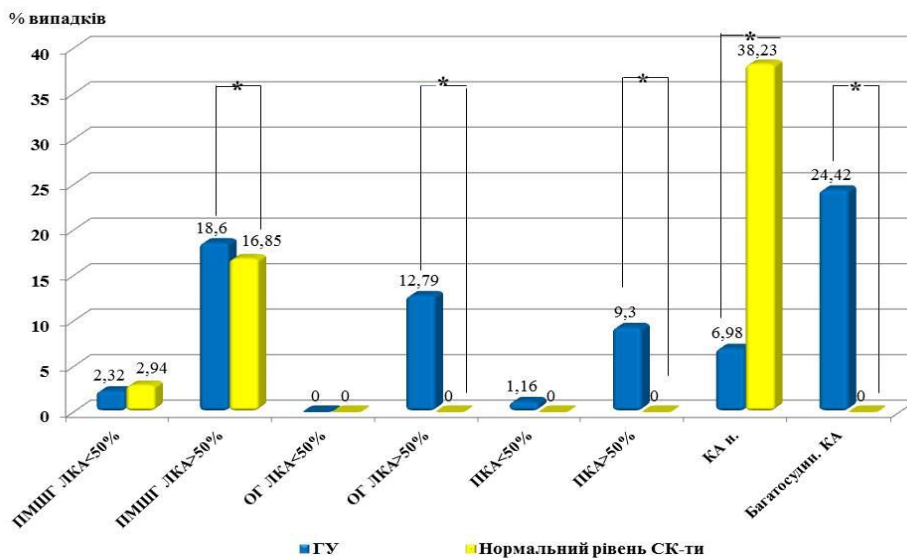


Рис. 1. Взаємозв'язок між ураженням коронарних артерій та рівнем сечової кислоти у пацієнтів зі стабільною стенокардією.

Примітка. \* - вірогідні відмінності між групами з ГУ та нормальним рівнем СК-ти ( $p < 0,05$ ).

Вказана закономірність виявляється для рівня СК-ти понад 416,4 мкмоль/л для ОГ ЛКА ( $16,98 \pm 5,16$ ) проти ( $2,99 \pm 0,91$ ) % випадків ( $p < 0,05$ ), для ПКА ( $13,21 \pm 4,65$ ) проти ( $1,49 \pm 0,08$ ) % випадків ( $p < 0,05$ ), для багатосудинного ураження КА ( $28,30 \pm 6,19$ ) проти ( $7,46 \pm 2,51$ ) % випадків ( $p < 0,01$ )

та для гемодинамічно невагомих уражень КА ( $5,66 \pm 1,17$ ) проти ( $23,88 \pm 7,31$ ) % випадків ( $p < 0,05$ ).

У пацієнтів з ГУ визначені вірогідно вищі рівні ЗХС ( $p < 0,01$ ), креатиніну ( $p < 0,01$ ), СРБ ( $p < 0,001$ ) та вірогідно нижчі рівні ЗТ крові ( $p < 0,05$ ), незалежно від рівня СК-ти. Тенденція до вищого рівня NT-

ргоBNP при ГУ набуває вірогідності при перевищенні рівня СК-ти понад 467,9 мкмоль/л (413,44±63,14 проти 206,42±31,43 пг/мл,  $p<0,01$ ). Цифрові дані наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Показники функціонального стану, біомаркери та гомеостазіологічні показники пацієнтів з різними рівнями сечової кислоти**

Показник	Гіперурикемія	Нормальний рівень СК-ти
САТ, мм рт. ст.	165,64±2,74	156,47±4,70
ЧСС, уд/хв	73,52±1,19	73,85±1,88
ЗХС, ммоль/л	5,93±0,13	5,19±0,25*
ТГ, ммоль/л	2,27±0,07	2,30±0,18
Креатинін, мкмоль/л	112,20±4,06	95,24±3,37*
СК-та, мкмоль/л	523,80±17,35	326,57±4,98
NT-ргоBNP, пг/мл	316,33±41,78	215,14±50,68
СРБ, мг/л	12,07±0,97	5,37±0,60*
ЗТ, нг/мл	1,55±0,21	4,09±1,19*

Примітка. \*- вірогідні відмінності між групами з ГУ та нормальним рівнем СК-ти ( $p<0,05$ ).

При врахуванні гендерного критерію виявлено наступне. Аналіз результатів, отриманих під час коронарної ангіографії, свідчить, що за умов ГУ чоловіча стать обумовлює розвиток більш гемодинамічно значимих уражень КА, оскільки тільки в цій групі визначено стенозування >50% ПМШГ ЛКА та ПКА (25,00±5,41) та (12,50±4,13) % випад-

ків, відповідно ( $p<0,01$ ), вірогідно частіше зустрічаються випадки стенозування >50% ОГ ЛКА (15,63±4,54 проти 4,55±2,44% випадків,  $p<0,05$ ) та багатосудинне ураження КА (31,25±5,79 проти 4,55±2,44% випадків,  $p<0,001$ ), а також вірогідно рідше зустрічаються випадки гемодинамічно невагомих уражень КА (1,56±0,55 проти 18,18±8,22% випадків,  $p<0,05$ ). Дані наведені на рисунку 2.

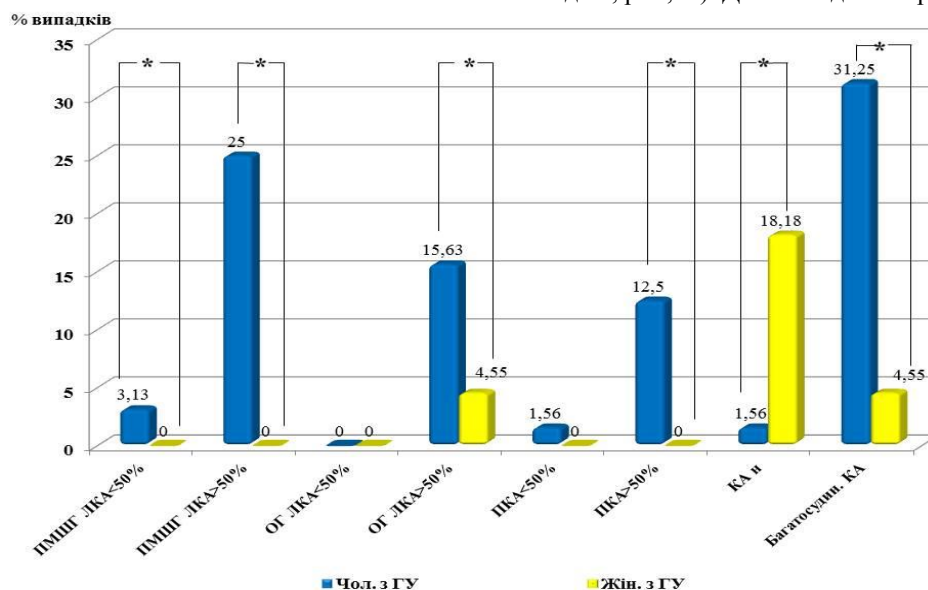


Рис. 2. Ураження коронарних артерій у пацієнтів з гіперурикемією в гендерному розподілі. Примітка. \*- вірогідні відмінності між групами чоловіків та жінок з ГУ ( $p<0,05$ ).

На відміну від жінок, у чоловіків ГУ асоціюється з вірогідно вищими рівнями ЗХС ( $p<0,001$ ), ТГ ( $p<0,05$ ), креатиніну ( $p<0,01$ ), NT-

ргоBNP ( $p<0,05$ ), СРБ ( $p<0,001$ ), та вірогідно нижчим рівнем ЗТ ( $p<0,001$ ). Цифрові дані наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

**Біомаркери та гомеостазіологічні показники пацієнтів чоловічої статі з гіперурикемією**

Показник	Чоловіки з ГУ	Чоловіки без ГУ
ЗХС, ммоль/л	6,17±0,15	5,11±0,23*
ТГ, ммоль/л	2,28±0,08	2,05±0,08*
Креатинін, мкмоль/л	115,88±4,93	98,52±3,53*
СК-та, мкмоль/л	539,76±19,81	332,47±4,42
NT-ргоBNP, пг/мл	399,25±66,03	200,14±59,31*
СРБ, мг/л	14,28±1,55	5,91±0,67*
ЗТ, нг/мл	2,10±0,28	5,52±0,92*

Примітка. \*- вірогідні відмінності між групами чоловіків з /без ГУ ( $p<0,05$ ).



Таким чином, предиктором ГУ незалежно від її вираженості визначена жіноча стать ( $p < 0,05$ ). Згідно з результатами досліджень NHANES і ARIC, саме в жінок ГУ визначена як незалежний чинник кардіоваскулярного ризику [4], що пояснюється відмінностями профілю серцево-судинного ризику [7] і пов'язана з масою лівого шлуночка та може сприяти розвитку субклінічних серцевих уражень [22].

ГУ незалежно від її вираженості обумовлює частіше діагностування СтСт III ФК ( $p < 0,001$ ) та наявність перенесеного в анамнезі Q-ІМ ( $p < 0,05$ ).

Не виявлено суттєвого впливу вираженості ГУ на підвищення рівня ЗХС ( $p < 0,01$ ), креатиніну ( $p < 0,01$ ), СРБ ( $p < 0,001$ ) та зниження рівня ЗТ крові ( $p < 0,05$ ). За результатами Brazilian study, рівень СК позитивно асоціюється з маркерами судинного запалення, такими як СРБ [12], а також з гіперліпопротеїнемією за рахунок ліпопротеїнів дуже низької щільності та негативно – з рівнем ліпопротеїнів високої щільності [16].

ГУ супроводжується розвитком більш гемодинамічно значимих уражень КА ( $p < 0,01$  для ПМШГ ЛКА, ОГ ЛКА, ПКА та багатосудинного ураження КА). Зміни визначаються за перевищення рівня СК-ти понад 416,4 мкмоль/л ( $p < 0,05$  для ОГ ЛКА та ПКА,  $p < 0,01$  для багатосудинного ураження КА). За даними літератури, рівні СК-ти незалежно пов'язані з тяжкістю ІХС і ураження КА [8, 19], а підвищений рівень СК-ти є незалежним чинником ризику розвитку багатосудинних уражень КА [14].

Старший вік асоціюється з ГУ після перевищення рівня СК-ти понад 467,9 мкмоль/л ( $p < 0,05$ ). Досягнення цього рівня ГУ супроводжується підвищенням показника NT-proBNP ( $p < 0,01$ ), що свідчить про прогресування СН за даної коморбідності.

З урахуванням статі ГУ у чоловіків обумовлює розвиток більш гемодинамічно значимих уражень КА ( $p < 0,01$  для ПМШГ ЛКА та ПКА,  $p < 0,05$  для ОГ ЛКА та  $p < 0,001$  для багатосудинного ураження КА). За даними літератури, ГУ у чоловіків супроводжується частішим виникненням такої кардіоваскулярної патології, як СтСт III ФК, ІМ, гостре порушення мозкового кровообігу, з частішим критичним стенозуванням та багатосудинним ураженням КА, вищою потребою в коронарному стентуванні та аортокоронарному шунтуванні [6, 11].

На відміну від жінок, у чоловіків ГУ асоціюється з вищими рівнями ЗХС ( $p < 0,001$ ), ТГ ( $p < 0,05$ ), креатиніну ( $p < 0,01$ ), що свідчить про більш часте ураження нирок, NT-proBNP ( $p < 0,05$ ), що вказує на частіше прогресування СН, СРБ ( $p < 0,001$ ) – обумовлене більш значною активністю судинного запалення, та нижчим рівнем ЗТ ( $p < 0,001$ ), що свідчить про наявність гіпоандрогенії з високим серцево-судинним ризиком. За даними літератури, у чоловіків з артеріальною гіпертензією частіше реєструвалося поєднання ГУ з вищими рівнями ТГ [6], а вищі рівні СРБ у чоловіків зі гострим коронарним синдромом з елевацією ST прогностично асоціюються з госпітальними великими негативними подіями [9].

## Висновки.

1. Предикторами гіперурикемії є жіноча стать незалежно від рівня сечової кислоти та старший вік після перевищення рівня сечової кислоти понад 467,9 мкмоль/л.

2. Гіперурикемія обумовлює частіший розвиток тяжчої стабільної стенокардії незалежно від рівня сечової кислоти, на тлі більш гемодинамічно значимих уражень коронарних артерій. Вказані ураження коронарних артерій визначаються за перевищення рівня сечової кислоти понад 416,4 мкмоль/л.

3. Гіперурикемія, переважно у чоловіків, спричиняє значне підвищення рівня загального холестерину, креатиніну, що свідчить про більш часте ураження нирок, та С-реактивного білку, що обумовлене більш значною активністю судинного запалення. Досягнення рівня сечової кислоти понад 467,9 мкмоль/л супроводжується підвищенням мозкового натрійуретичного пропептиду, що вказує на частіше прогресування серцевої недостатності.

4. Сечова кислота як рутинний біохімічний маркер може бути використана в клінічній практиці для оцінки тяжкості та прогнозування перебігу ішемічної хвороби серця.

**Перспективи подальших досліджень.** Виявлені закономірності мають важливість для прогнозування перебігу захворювання та динаміки якості життя. Доцільне подальше дослідження для оптимізації тактики ведення пацієнтів з коморбідністю СтСт та ГУ в стаціонарних та амбулаторних умовах.

## Література

1. Березин А.Е. Прогностическая ценность асимптомной гиперурикемии у пациентов с хронической сердечной недостаточностью / А.Е. Березин, А.А. Кремзер // Укр. кардіол. журн. – 2013. – N 4. – С. 93-99.
2. Бильченко А.В. Коррекция гиперурикемии как фактора риска сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности / А.В. Бильченко // – Режим доступу: [http://www.mif-ua.com/media/uploads/seminar\\_images/032simp.jpg](http://www.mif-ua.com/media/uploads/seminar_images/032simp.jpg)
3. Ларина В.Н. Гиперурикемия при хронической сердечной недостаточности / В.Н. Ларина, Б.Я. Барт, М.С. Бронский // Кардиология. – 2011. – N 3. – С. 68-73.
4. Пузанова О.Г. Гиперурикемия и кардиоваскулярный континуум / О.Г. Пузанова, А.И. Таран // Внутренняя медицина. – 2009. – N 3 (15). – Режим доступу: <http://www.mif-ua.com/archive/article/10263>
5. Шуба Н.М. Гиперурикемия – мультиморбидна патологія в ревматології / Н.М. Шуба // Укр. ревмат. журнал. – 2013. – № 2 (52). – Ст. 14-22.
6. Якименко И.Л. Особенности артериальной гипертензии при сочетании с гиперурикемией у мужчин / И.Л. Якименко // Укр. мед. часопис. – 2014. – № 1 (99) – I/II. – Режим доступу: <http://www.umj.com.ua/article/70737/osobennosti-arterialnoj-gipertenzii-pri-sochetanii-s-giperurikemiej-u-muzhchin>

7. A gender-specific analysis of association between hyperuricaemia and cardiovascular events in patients with coronary artery disease / G. Ndrepepa, S. Cassese, S. Braun [et al.] // Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis. – 2013. – Vol. 23, № 12. – P. 1195–1201.
8. Association between serum uric acid level and the severity of coronary artery disease in patients with obstructive coronary artery disease / J. Yu, J. Han, J. Mao [et al.] // Chin. Med. J. – 2014. – Vol. 127, № 6. – P. 1038–1045.
9. Comparison of Serum Uric Acid, Bilirubin, and C-Reactive Protein as Prognostic Biomarkers of In-Hospital MACE Between Women and Men With ST-Segment Elevation Myocardial Infarction / S. Baumann, A. Huseynov, J. Koepp [et al.] // Angiology. – 2016. – Vol. 67, № 3. – P. 272–280.
10. Effect of Coronary Atherosclerosis and Myocardial Ischemia on Plasma Levels of High-Sensitivity Troponin T and NT-proBNP in Patients With Stable Angina / C. Caselli, C. Prontera, R. Liga // Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol. – 2016. – Vol. 36, № 4. – P. 757–764.
11. Ehsan Qureshi A. Relationship of serum uric acid level and angiographic severity of coronary artery disease in male patients with acute coronary syndrome / A. Ehsan Qureshi, S. Hameed, A. Noeman // Pak. J. Med. Sci. – 2013. – Vol. 29, № 5. – P. 1137–1141.
12. Elevated serum uric acid is associated with vascular inflammation but not coronary artery calcification in the healthy octogenarians: the Brazilian study on healthy aging / R. Malik, E.C. Aneni, S. Shahrayar [et al.] // Aging. Clin. Exp. Res. – 2016. – Vol. 28, № 2. – P. 359–362.
13. Grassi D. New Insight into Urate-Related Mechanism of Cardiovascular Damage / D. Grassi, G. Desideri, C. Ferri // Curr. Pharm. Des. – 2014. – Vol. 20, № 39. – P. 6089–6095.
14. High levels of serum uric acid predict severity of coronary artery disease in patients with acute coronary syndrome / M. Duran, N. Kalay, M. Akpek [et al.] // Angiology. – 2012. – Vol. 63, № 6. – P. 448–452.
15. HOMA-IR and the risk of hyperuricemia: A prospective study in non-diabetic Japanese men / K. Nakamura, M. Sakurai, K. Miura [et al.] // Diabetes Res. Clin. Pract. – 2014. – Vol. 106, № 1. – P. 154–160.
16. Lipoprotein subfractions partly mediate the association between serum uric acid and coronary artery disease / Y. Zhang, R.X. Xu, S. Li [et al.] // Clin. Chim. Acta. – 2015. – № 441. – P. 109–114.
17. Protocol of the Febuxostat versus Allopurinol Streamlined Trial (FAST): a large prospective, randomised, open, blinded endpoint study comparing the cardiovascular safety of allopurinol and febuxostat in the management of symptomatic hyperuricaemia / T.M. MacDonald, I. Ford, G. Nuki [et al.] // BMJ Open. – 2014. – Vol. 4, N 7. – P. e005354.
18. Serum uric acid and the risk of cardiovascular and renal disease / C. Borghi, E.A. Rosei, T. Bardin [et al.] // J. Hypertens. – 2015. – Vol. 33, N 9. – P. 1729–1741.
19. The relationship between serum uric acid levels and angiographic severity of coronary heart disease / B. Ekici, U. Kütük, A. Alhan [et al.] // Kardiol. Pol. – 2015. – Vol. 73, № 7. – P. 533–538.
20. Uric acid and coronary artery disease: An elusive link deserving further attention / S. Biscaglia, C. Ceconi, M. Malagù [et al.] // Int. J. Cardiol. – 2016. – № 213. – P. 28–32.
21. Uric acid and mild renal impairment in patients with ST-elevation myocardial infarction / C. Lazzeri, S. Valente, M. Chiostrì // Scand. Cardiovasc. – 2015. – Vol. 49, № 1. – P. 14–19.
22. Uricemia and left ventricular mass in hypertensive patients / C. Catena, G. Colussi, F. Capobianco [et al.] // Eur. J. Clin. Invest. – 2014. – Vol. 44, № 10. – P. 972–981.

**V.K. Tashchuk***Doctor of medical sciences, professor***O.S.Polyanska***Doctor of medical science, professor***P.R. Ivanchuk***Candidate of Medical Science, assistant professor***I.A. Tashchuk***Candidate of Medical Science, doctor***O.V. Savchuk***Clinical intern***M.V. Tashchuk***Student***O.M. Gingulyak***Candidate of Medical Science, assistant professor,**Department of Internal Medicine,**Physical Rehabilitation, Sports**Medicine and Physical Training**Higher education institution in Ukraine**“Bukovinian State Medical University”*

## ASSESSMENT OF HEART RATE VARIABILITY AND QT DISPERSION BY PROPRIETARY SOFTWARE

### ОЦІНКА ВАРІАБЕЛЬНОСТІ СЕРЦЕВОГО РИТМУ ТА ДИСПЕРСІЇ ІНТЕРВАЛУ QT ВЛАСТНИМ ПРОГРАМНИМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ

**Анотація.** З метою впровадження медичного програмного забезпечення для кількісної оцінки електрокардіограми з дослідженням варіабельності серцевого ритму та методів контролю і наслідків дисперсії інтервалу QT. Обстежено 61 пацієнт, були обстежені пацієнти в розподілі діагнозів нейроциркуляторної дистонії (НЦД, n=21), стабільної стенокардії (СтСт, n=20), хворих на гострий Q-інфаркт міокарда, що померли (ГІМ, n=20). Доведено, що показники тривалості і дисперсії QT достовірно переважали при гострому інфаркту міокарда, а отже збільшення дисперсії QT при ньому обумовлює негативний прогноз.

**Ключові слова:** ішемія міокарда, варіабельність серцевого ритму, дисперсія інтервалу QT

**Summary.** This study helped to evaluate the new software. It has been studied heart rate variability, quantitative evaluation of the electrocardiogram, monitoring methods and the effects of QT interval dispersion. A total of 61 patients in the distribution of diagnoses vascular / neuro dystonia, (n = 21), stable angina functional class I (n = 20), patients died with acute Q-myocardial infarction (n = 20).

**Keywords:** myocardial ischemia, heart rate variability, QT interval dispersion

**Вступ.** Неприятлива демографічна ситуація в Україні, що зумовлена значною мірою серцево-судинними захворюваннями (ССЗ), які істотно впливають на основні показники здоров'я населення, залишається складною [1]. Цікавість дослідників продовжує викликати пошук простих неінвазивних діагностичних методик діагностики ССЗ, однією з яких залишається вже понад століття метод електрокардіографії (ЕКГ) як дешевий, інформативний і загальнодоступний для скринінгу несприятливих подій [10,12]. Доцільною є розробка новітніх методик реєстрації і аналізу ЕКГ в широкому діапазоні – від оцінки гострого інфаркту міокарда (ГІМ) до серця здорових атлетів [8,14], особливо в діагностиці субклінічного атеросклерозу [3]. В останніх Європейських рекомендаціях з стабільної стенокардії (СтСт) та ГІМ [9,13] стосовно ролі ЕКГ визначається, що «одним з найбільш важливих методів діагностики ішемії міокарда є використання даного методу».

А отже визначення кількісних і якісних можливостей такого простого методу діагностики, скринінгу і об'єктивізації стану як ЕКГ, продовжує залишатися надзвичайно актуальним в тому числі

для оцінки варіабельності серцевого ритму (ВРС). Протягом багатьох років досліджень варіабельності серцевого ритму це обстеження стало одним з найбільш доступних неінвазивних методів діагностики виникнення ризику серцево-судинних хвороб. Широке впровадження методу холтеровського моніторингу ЕКГ у клінічну практику дозволило оцінювати показники ВРС протягом доби та за певні проміжки часу, використовувати цей метод для вивчення стану вегетативної регуляції серцевого ритму, перспектив виживання пацієнтів з кардіологічними захворюваннями та оцінки ефективності терапії. Зміни ВРС також виявляється і при ряді не кардіологічних захворювань, зокрема, цукровому діабеті, неврологічній та легеневій патології. Водночас, основні стандарти інтерпретації та клінічного використання показників ВРС, підготовлені американськими та європейськими експертами

**Мета дослідження.** Розробити медичне програмне забезпечення для кількісної оцінки ЕКГ з дослідженням ВРС та методів контролю і наслідків

дисперсії інтервалу QT з покращенням інформативності діагностики та прогнозування перебігу кардіальної патології з її клінічним впровадженням.

**Матеріал і методи.** Обстежено 61 пацієнт, що надійшли в обласний кардіологічний диспансер м.Чернівці. Серед обстежених пацієнтів діагностована вегетосудинна/нейроциркуляторна дистонія (НЦД, n=21), стабільна стенокардія напруження I функціонального класу (СтСт, n=20), групи зіставлення склали хворі на гострий Q-інфаркт міокарда, що померли (ГІМ, n=20). Всім хворим проведено аналіз ЕКГ спокою при надходженні та на висоті навантаження (велоергометрія) у хворих на НЦД і СтСт в зіставленні з ЕКГ надходження у хворих на ГІМ, що померли, з її кількісним і якісним аналізом, оцінкою ВСР і дисперсія інтервалу QT за допомогою кардіоінтервалографії з використанням 3-х канального електрокардіографа і власно створеної програми на засадах рекомендацій [4,6]. Дослідженням коливань частоти серцевих скорочень (ЧСС) до її середнього рівня демонструє симпатичні і парасимпатичні взаємодії обох відділів регуляції діяльності серця, причини і контроль подовження інтервалу QT з оцінкою дисперсії (варіабельності) інтервалу QT, а отже визначення негомogeneousності процесів реполяризації реалізоване в умовах стрес-тесту [5,7]. Оцінці підлягали висхідний фрагмент ЕКГ та ЕКГ на першому і останньому ступенях ВЕМ, першому ступені реституції; короткі ділянки ЕКГ аналізували згідно рекомендацій [11] мануальним шляхом та проведено на засадах математичного забезпечення за створеної власної програми дослідження ВСР і дисперсії QT.

Стосовно аналізу фази реполяризації ЕКГ використовували в межах оцінки варіабельності сегмента QT загальноприйняті показники: 1) «максимальна», «мінімальна» і «середня» тривалість інтервалів QT (QT<sub>макс</sub>, QT<sub>мін</sub>, QT<sub>сер</sub>, с); 2) коригований інтервал QT<sub>с</sub> за формулою H.Vazett (QT<sub>с</sub>=QT/√RR, с<sup>1/2</sup>); 3) дисперсія та коригована дисперсія QT (DQT, с, DQT<sub>с</sub>, с<sup>1/2</sup>) – різниця між «максимальною» і «мінімальною» тривалістю інтервалів QT та між «максимальною» і «мінімальною» тривалістю інтервалів QT-корегованих; 4) просторова варіабельність інтервалу QT за стандартним відхиленням QT і QT<sub>с</sub> (QTSD, с, QT<sub>с</sub>SD, с) – сумарний показник варіабельності величин коригованих інтервалів QT за весь період реєстрації ЕКГ [2].

**Результати дослідження та їх обговорення.** Першим етапом дослідження була оцінка ВСР у пацієнтів з НЦД і СтСт в умовах проведення стрес-тесту – проби з дозованим фізичним навантаженням (велоергометрії (ВЕМ)).

ВЕМ у хворих з діагнозом НЦД і СтСт припинена, як позитивна, у 24,47% пацієнтів, сумнівна – у 10,11%, негативна – у 57,45%, неадекватна – у 7,98%, причому результат позитивної ВЕМ достовірно переважав при СтСт проти НЦД (62,22±7,23% проти 2,27±1,59% випадків, p<0,001) зі зворотнім спрямуванням для негативного результату ВЕМ, що суттєво домінував при НЦД (15,56±5,40% проти 81,82±4,11% випадків, p<0,001). Подальше зіставлення розподілу пацієнтів з НЦД і СтСт в групах переважання симпатичної реакції проти парасимпатичної більш вираженої складової залежно результатів ВЕМ свідчило, що негативна реакція при ВЕМ вища за збільшеної ймовірності симпатичної відповіді проти парасимпатичної (56,52±7,31% та 33,33±13,61%, p<0,005) і навпаки – позитивна реакція при ВЕМ вища за переважаючої парасимпатичної реакції проти симпатичної (50,00±14,44 та 28,26±6,64%, p<0,005), а отже яскрава клініка астеновегетативних нашарувань при симпатичному спрямуванні ВСР може помилково сприйматися в якості клініки «псевдоішемічних» кардіалгій на відміну від парасимпатичного переважання реальної діагностики ішемії.

Подальший аналіз вихідних показників варіабельності інтервалів QT в розподілі діагнозів ВСД і СтСт залежно від інтегративної результуючої параметрів ВСР свідчив про очікуване переважання (p<0,001) вихідного значення «максимальної» (QT<sub>макс</sub>), «мінімальної» (QT<sub>мін</sub>) та «середньої» тривалості інтервалів QT (QT<sub>сер</sub>) у пацієнтів з парасимпатичним типом реакції в співставленні з симпатичним і витікає з більшої тенденції до брадикардії за переважання парасимпатичної складової. Навантажувальна відповідь за ВЕМ показників тривалості і дисперсії інтервалу QT є достовірно розбіжною, навіть для QT<sub>макс</sub>, QT<sub>мін</sub> та QT<sub>сер</sub>, незважаючи на вихідну тенденцію до брадикардії за переважання парасимпатичної складової, яка вочевидь нівелювалась на висоті навантаження.

Залежно розподілу показників інтервалів QT (вихідні/навантаження) в групі переважаючої симпатичної реакції ВСР визначено, що вихідне значення проти їх змін на висоті навантаження для «максимальної» (QT<sub>макс</sub>), «мінімальної» (QT<sub>мін</sub>) та «середньої» тривалості інтервалів QT (QT<sub>сер</sub>) зменшувались достовірно (p<0,001), а дисперсія інтервалу QT коригованого (DQT<sub>с</sub>), навпаки, збільшувалась (p=0,0061) за навантаження, як подано в таблиці 1.

**Показники інтервалів QT (вихідні (1) / навантаження (2)) в групі симпатичної реакції ВСР в умовах проведення ВЕМ**

	симпатичний 1		симпатичний 2		P <sub>1-2</sub>
	M1	m1	M2	m2	
QT <sub>макс</sub> , с	0,349	0,0057	0,272	0,0056	<b>p=0,00017</b>
QT <sub>мін</sub> , с	0,308	0,0054	0,223	0,0039	<b>p=0,00011</b>
QT <sub>сер</sub> , с	0,328	0,0052	0,245	0,0041	<b>p=0,00011</b>
QT <sub>c</sub> , с/2	0,376	0,0049	0,382	0,0031	p=0,7
DQT, с	0,041	0,0032	0,053	0,0058	p= 0,39
DQT <sub>c</sub> , с/2	0,05	0,0044	0,085	0,0110	<b>p=0,0061</b>
QTSD, с	0,194	0,0071	0,215	0,0109	p=0,12
QTcSD, с	0,441	0,0069	0,46	0,0112	p=0,15

Наступним етапом дослідження був аналіз наскільки несприятливими є зміни за переважаючої симпатичної/парасимпатичної реакції (збільшення дисперсії DQT за стрес-тесту) в зіставленні зі змінами інтервалу QT у хворих на ГІМ, що померли.

Дані свідчать, що всі показники тривалості і дисперсії QT достовірно переважали за ІМ. А отже аналіз оцінки дисперсії QT в розподілі симпатичної/парасимпатичної реакції ВСР при НІЦД і СтСт проти хворих на ІМ, що померли (група максимального ризику) демонструють, що показники тривалості і дисперсії QT достовірно переважали за ГІМ, а отже збільшення дисперсії QT за ГІМ обумовлює негативний прогноз.

**Висновки**

1. Вихідні показники варіабельності серцевого ритму демонструють спрямування до активації симпатичного контуру перед проведенням велоергометрії. Тенденція до активації симпатичного контуру більш виражена за негативної в подальшому проби. Збереження вказаної залежності на висоті навантаження дозволяє прогнозувати розподіл пацієнтів в групу негативного і позитивного результатів.

2. Аналіз показників дисперсії, корегованої дисперсії та просторової варіабельності інтервалу QT свідчить про збільшення дисперсії інтервалу QT (DQT<sub>c</sub>) за навантаження.

3. Збільшення дисперсії QT за гострого інфаркту міокарда обумовлює негативний прогноз.

**Література**

1. Коваленко В. М. Хвороби системи кровообігу як медико-соціальна і суспільно-політична проблема /В. М. Коваленко, В. М. Корнацький // Київ, - 2014. – 279 с.

2. Сычев О.С. Исследование эффективности бисопролола для лечения желудочковых аритмий у больных ишемической болезнью сердца с сердечной недостаточностью / О. С. Сычев, О. А. Епанчинцева, Е.В. Левчук // Мистецтво лікування.- 2005.- №4.- Режим доступу: <http://m-l.com.ua/?aid=504>

3. Ташук В. К. Ефективність лікування субклінічного атеросклерозу за даними ультразвукового сканування серця і судин та стрес-тестів / В. К. Ташук, О. М. Гінгуляк, П. Р. Іванчук // Буковинський медичний вісник . - 2014. - Т. 18, № 3.- С. 148-153.- Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/j-pdf/bumv\\_2014\\_18\\_3\\_38.pdf](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/bumv_2014_18_3_38.pdf)

4. Яблучанский Н.И. Вариабельность сердечного ритма / Н. И. Яблучанский, А. В. Мартыненко // Харьков: КНУ, 2010. – 131 с.- Режим доступу: <http://www.dspace.univer.kharkov.ua/bitstream/.pdf>

5. An S. M. Effect of energy drink dose on exercise capacity, heart rate recovery and heart rate variability after high-intensity exercise / S. M. An, J. S. Park, S. H. Kim // J. Exerc. Nutrition Biochem. - 2014.- Vol. 18, N 1.- P. 31-39.

6. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology / Members of the Task Force: Camm A.J., Malik M., Bigger J.T. et al. // Eur. Heart J.- 1996.- Vol. 17, N 3.- P. 354–381.

7. Korantzopoulos P. Exercise-induced repolarization changes in patients with stable coronary artery disease / P. Korantzopoulos, K. P. Letsas, Z. Christogiannis [et al.] // Am. J. Cardiol.- 2011.- Vol. 107, N 1.- P. 37-40.

8. Menafoglio A. Costs and yield of a 15-month preparticipation cardiovascular examination with ECG in 1070 young athletes in Switzerland: implications for routine ECG screening / A.Menafoglio, M. Di Valentino, J. M. Segatto [et al.] // Br. J. Sports. Med.- 2014.- Vol. 48, N 15.- P. 1157-61.

9. Montalescot G. 2013 ESC guidelines on the management of stable coronary artery disease: the Task Force on the management of stable coronary artery disease of the European Society of Cardiology / G. Montalescot, U. Sechtem, S. Achenbach, [et al.] // Eur. Heart J. - 2013. - Vol. 34, N 38. - P. 2949-3003.

10. Quinn T. Effects of prehospital 12-lead ECG on processes of care and mortality in acute coronary syndrome: a linked cohort study from the Myocardial Ischaemia National Audit Project / T. Quinn, S. Johnsen, C.P. Gale [et al.] // Heart. - 2014.- Vol. 100, N 12. - P. 944-950.

11. Sandercock G. Association between RR interval and high-frequency heart rate variability acquired during short-term, resting recordings with free and paced breathing / G.Sandercock, V. Gladwell, S. Dawson [et al.] // *Physiol. Meas.* - 2008. - Vol. 29, N 7.- P. 795-802.

12. Thang N. D. ECG signs of acute myocardial ischemia in the prehospital setting of a suspected acute coronary syndrome and its association with outcomes /

N. D. Thang, B. W. Sundström, T. Karlsson [et al.] // *Am. J. Emerg. Med.*- 2014.- Vol. 32, N 6.- P. 601-605.

13. Thygesen K. Universal definition of myocardial infarction / K. Thygesen J.S. Alpert, A. S Jaffe [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.*- 2012.- Vol. 60, N 16.- 1581-1598.

14. Wong C. K. The HERO-2 ECG sub-studies in patients with ST elevation myocardial infarction: implications for clinical practice / C. K. Wong, H. D. White // *Int. J. Cardiol.*- 2013.- Vol. 170, N 1.- P.17-23.

**G.I. Khrebtiy**

*Candidate of medical sciences,  
Associate Professor Department of  
Internal Medicine, Physical Rehabilitation,  
Sports Medicine and Physical Training  
Bukovinian State Medical University*

**O.V. Savchuk**

*Clinical intern  
Department of  
Internal Medicine, Physical Rehabilitation,  
Sports Medicine and Physical Training  
Bukovinian State Medical University*

**A.M. Kostenko**

*Doctor, regional therapist  
Department of Health of the  
Khmelnitsky Oblast*

## EFFECTIVENESS OF ANTIHYPERTENSIVE AND HYPOLIPIDEMIC THERAPY, COMBINED WITH OMEGA-3-POLYUNSATURATED FATTY ACIDS IN PATIENTS WITH HYPERTENSION AND ABDOMINAL OBESITY

**Annotation:** The conducted study analyzes the dynamics of lipidogram and endothelial function values in patients with hypertension and abdominal obesity during 6 month standard (basic) antihypertensive (Lisinopril, amlodipine) and hypolipidemic (atorvastatin) therapy (group I) and also with addition of omega-3 polyunsaturated fatty acids( $\omega$ -3 PUFAs) (group II). While analyzing results of the 6 month treatment in studied groups of patients, the reduction of triglycerides(TG) level was more significant with the use of antihypertensive and combined hypolipidemic therapy. ( $-40.9 \pm 3.1\%$  in group II and  $-22.7 \pm 2.3\%$  in group I,  $p < 0.001$ ). By the way, more significant increase of high density lipoproteins (HDL) ( $38.6 \pm 2.5\%$  in Group II and  $29.7 \pm 2.3\%$  in group I,  $p < 0.05$ ) and improved endothelium dependent vasodilatation(EDV) ( $9,86 \pm 0.28\%$  in group II and  $6.8 \pm 0.23\%$ ,  $p < 0.01$ ) were observed in group II.

**Key words:** hypertension, obesity, dyslipidemia, endothelial dysfunction, omega-3 polyunsaturated acids.

**Резюме.** Проведене дослідження аналізує динаміку показників ліпідограми та ендотеліальної функції судин у осіб з гіпертонічною хворобою та абдомінальним ожирінням під час 6-місячної стандартної (базисної) антигіпертензивної (лізиноприл, амлодипін) та гіполіпідемічної терапії (аторвастатин) (група I) та при приєднанні до неї  $\omega$ -3 поліненасичених жирних кислот (група II). При проведенні аналізу результатів 6-місячного лікування в досліджуваних групах пацієнтів зменшення рівня тригліцеридів було достовірно більш вираженим при використанні антигіпертензивної та комбінованої гіполіпідемічної терапії ( $-40,9 \pm 3,1\%$  в групі II та  $-22,7 \pm 2,3\%$  у групі I,  $p < 0,001$ ). Також у групі II відмічався достовірно більший приріст холестерину ліпопротеїнів високої щільності ( $38,6 \pm 2,5\%$  в групі II та  $29,7 \pm 2,3\%$  у групі I,  $p < 0,05$ ) та покращення ендотелійзалежної вазодилатації ( $9,86 \pm 0,28\%$  в групі II та  $6,8 \pm 0,23\%$ ,  $p < 0,01$ ).

**Ключові слова:** гіпертонічна хвороба, ожиріння, дисліпідемія, ендотеліальна дисфункція,  $\omega$ -3 поліненасичені жирні кислоти.

**Introduction.** The interest upon  $\omega$ -3 PUFAs has grown dramatically in the end of 70's, when due to the results of research done by danish scientists (J. Dyerberg and H. Bang) it was found, that marginally low level of cardiovascular morbidity in Greenland Eskimos is explained by large consumption of marine fats which contain alot of omega-3 polyunsaturated fatty acids. They found, that blood plasma of eskimoses in

comparison with danish people had high concentrations of eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acids (respectively 4.4% and 2.6%) with high content of linoleic and arachidonic acid (less than 0.5%). The similar results were obtained from the studies conducted on residents of Chukotka, Okinawa island in Japan and other studies[1]. Numerous epidemiologic

studies also showed the evidence of  $\omega$ -3 PUFAs possessing hypolipidemic, hypocoagulative, antiagregant, antitumor properties, which was justified in consequent experimental and clinical studies [7,8]. The  $\omega$ -3 PUFAs drugs eliminate endothelial dysfunction, suppress the production of inflammatory cytokines and increase the sensitivity of tissues upon insulin.

The clinical effectiveness of  $\omega$ -3 PUFAs was demonstrated in large scale perspective study called GISSI-Prevenzione, after which it was observed that patients who received  $\omega$ -3 PUFAs had 20% decrease of overall mortality, 30% decrease of cardiovascular mortality and 45% decrease of sudden cardiac death incidence [4]. This effect is equivalent to such effects of widely known secondary profylaxis measures as use of statins and ACE inhibitors. That is why European Society of Cardiology recommends to take  $\omega$ -3 PUFAs for all patients who had STEMI. The influence of  $\omega$ -3 PUFAs upon plod lipid spectrum is widely known [5]. The clinical decrease of triglycerides in the background of  $\omega$ -3 PUFAs therapy is associated with increase of speed of transformation of VLDL to LDL and also with the inhibition of triglycerides synthesis as well as increase of beta-oxidation of fatty acids [5]. In clinical practice the diet correction and statin prescription themselves are not sufficient to normalize the heightened triglycerides level. However, with the level of TG above 1.5 mmol/L its increase for 1 mmol/L also increases the risk for cardiovascular complication for 4% in males and 38% in females.  $\omega$ -3 PUFA drugs make it possible to lower the TG levels practically without any side effects.

Hypertriglyceridemia is characteristic feature of dyslipidemias that are found in patients with hypertension and concomitant abdominal obesity. Those persons represent a group of hightened risk for cardiovascular complications, that is why an optimization of the treatment of patients of this category is the first order task in cardiologic practice.

**Aim.** The aim of our study was the assessment of the dynamics of the blood lipid spectrum values and andothelial function of vessels as a marker of atherosclerosis, with addition of  $\omega$ -3 PUFAs to the standard combined antihypertensive and hypolipidemic therapy in patients with hypertension and abdominal obesity.

#### Materials and methods of the study

We have conducted the 6-motnth long treatment of 33 men suffering from stage II hypertension, which has been diagnosed according to Ukrainian Cardiologists Association recommendations [3] with age ranging from 60 to 85 years old ( $75 \pm 8.5$ ) years in average with concomitant abdominal obesity of first degree.

The duration of the disease lasted not less than 10 years. Abdominal type of obesity was determined by a ratio of waist circumference to the hip circumference  $\geq 0.95$  with body mass index (BMI) ranging 30.0-34.9 kg / m<sup>2</sup>. 16 patients received the standard protocol treatment (basic therapy), which included antihypertensive therapy: Lisinopril 10mg/day, amlodipine 5mg/day, atorvastatin 10mg/day. On the basis of standard therapy 17 patients received  $\omega$ -3 PUFAs in a daily dose of 1000mg. The lipid profile and endothelial function checkup were performed before and 3 and 6 month after the treatment initiation.

The detection of TG level was performed by enzymatic technique using the sets for calorimetric detection of triglycerides produced by "Olvex diagnosticum" Russia, and the device "Stat Fax 303+", Germany. The measurements of total cholesterol (TC) level and level of HDL were performed by enzymatic calorimetric technique using the sets for TC and LDL concentration detection produced by "Olvex Diagnosticum", Russia, on the device "Stat Fax 303+", Germany.

The evaluation of endothelial function was performed by use of dopplerography of brachial artery (BA) with the "LOGIQ 500" ultrasound diagnostic scanner (General Electric, USA), also using the tests with reactive hyperemia (endothelium-dependent vasodilation, EDV) and nitroglycerin (endothelium-independent vasodilation, EIV).

Its common to consider normal the dilation of BA for more than 10% of its initial diameter in the background of hyperemia, but the values lower than 10% are considered to be pathological.

The statistical analysis of data presented in the form of  $M \pm m$  was conducted by techniques of variation statistics with use of t-criterion of Student on PC with the use of statistical analysis software like Microsoft Excel. The difference was considered to be valid, when  $p < 0.05$ .

#### The results of the study and discussion

The initial levels of TC, TG, HDL in both groups of patients did not have any significant difference and were  $6,37 \pm 0,17$ ;  $2,64 \pm 0,14$ ;  $1,01 \pm 0,04$  mmol/L in group I and  $6,38 \pm 0,18$ ;  $2,59 \pm 0,13$ ;  $1,01 \pm 0,05$  mmol/L in group II ( $M \pm m$ ),  $p > 0,05$ .

The change of lipid transport function of the blood under influence of different treatment options was analyzed after 3 and 6 months. The basic values of the lipidogram are demonstrated in the subsequent chart

The dynamics of lipidogram under use of different variants of hypolipidemic therapy on the background of standard hypotensive therapy during 3 and 6 months of treatment ( $M \pm m$ )

Growth rate, %	lisinopril 10 mg/day + amlodipine 5mg/day + atorvastatin 10 mg/day		lisinopril 10 mg/day + amlodipine 5mg/day + atorvastatin 10 mg/day ω-3 PUFAs 1000 mg/day	
	I group, n=16		II group, n=17	
	3 months	6 months	3 months	6 months
TC	-20,9±2,9	-25±3,1	-23,5±2,9 p>0,05	-32,8±3,3 p>0,05
TG	-14,8±2,1	-22,7±2,3	-31,8±2,1 p<0,001	-40,9±3,1 p<0,001
HDL	17,8±2,4	29,7±2,3	24,8±2,4 p<0,05	38,6±2,5 p<0,05

The conducted analysis of the treatment results in the studied groups of patients shows with high validity that the levels of TC and TG are significantly lower under the use of antihypertensive and combined hypolipidemic therapy (II group). The II group also had significantly higher levels of antiatherogenous HDL, which undoubtedly plays important role in prophylaxis of cardiovascular complication development in given category of patients.

There was not any significant difference in EDV between both groups and it also was reduced (-2,1±0,29% from initial diameter, p>0,05). EIV response to nitrates was preserved in both groups. After the 6 month treatment, the group I showed improvement of EDV, however it still was not reaching the normal values (6,8±0,23%, p<0,01). The group II, which received ω-3 PUFAs has shown statistically valid (in comparison with group I) improvement of EDV (9,86±0,28%, p<0,01).

The improvement of lipid profile and regress of endothelial dysfunction in patients with heightened cardiovascular risk has a significant importance, considering the fact, that dyslipidemia facilitates the remodeling of vessel walls and increases the expression of adhesion molecules on the surface of endothelial cells, which in turn closes the vicious cycle that leads to the formation of atheroma.

Therefore, use of ω-3 PUFAs in addition to standard antihypertensive and hypolipidemic therapy leads to more effective atherosclerosis prophylaxis in patients with hypertension and abdominal obesity.

### Conclusions

1. The patients with hypertension and concomitant abdominal obesity show significant dyslipidemia, which is characterized by hypertriglyceridemia.

2. The addition of ω-3 PUFAs to the standard protocol treatment facilitates the significant improvement of TG levels.

3. The patients with hypertension and abdominal obesity show advanced endothelial dysfunction and additional prescription of ω-3 PUFAs leads to significant improvement of endothelial function.

**Future study perspectives** might include the study of influence of combined hypolipidemic therapy with statins and ω-3 PUFAs upon other pathogenetical aspects of hypertension with the agenda of optimization the treatment and lowering the dose dependent side effects of the statins.

### Bibliography:

1. Аронов Д.М. Сердечно-сосудистая система и омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты / Д.М. Аронов // Русский медицинский журнал – 2006. - №4 (14). – С.192-197.
2. Бувальцев В.И. Дисфункция эндотелия как новая концепция профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний / В.И. Бувальцев // Международный медицинский журнал. - 2002. - №2. - С. 202-205.
3. Рекомендації Української асоціації кардіологів з профілактики та лікування артеріальної гіпертензії. – К.: Бізнес Поліграф, 2008. – 80 с.
4. Marchioli R. Treatment with n-3 polyunsaturated fatty acids after myocardial infarction: results of GISSI-Prevenzione Trial. / Marchioli R. // J. Eur. Heart. – 2001. - №3 (Suppl D). - Vol. 85-97.
5. Marchioli R. Omega-3 fatty acids and heart failure. / Marchioli R, Silletta MG, Levantesi G, Poggiarella R. // Curr. Atheroscler. Rep. – 2009. - №11(6). – Vol. 440-447.
6. Schwartz BG. The endothelial cell in health and disease: its function, dysfunction, measurement and therapy / Schwartz BG, Economides C, Mayeda GS, Burstein S, Kloner RA. // J. Impot. Res. – 2009. №84(7). - Vol. 751-756.
7. Virtanen JK. Serum long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and risk of hospital diagnosis of atrial fibrillation in men / Virtanen JK, Mursu J, Voutilainen S, Tuomainen TP. // Circulation. – 2009. - №120(23). - Vol. 2315-2321.
8. Zeydanli EN. Omega-3E treatment regulates matrix metalloproteinases and prevents vascular reactivity alterations in diabetic rat aorta. / Zeydanli EN, Turan B. // J. Physiol. Pharmacol. – 2009. - №87(12). Vol. 1063-1073.



УДК 57.084.1:616.617-003.7

**Яковцова Ирина Ивановна,***доктор медицинских наук,  
заведующая кафедрой патологической анатомии,  
Харьковская медицинская академия последипломного образования***Стецишин Роман Васильевич,***кандидат медицинских наук,  
доцент кафедры общей, детской и онкологической урологии,  
Харьковская медицинская академия последипломного образования***Данилец Светлана Владимировна,***кандидат медицинских наук,  
доцент кафедры патологической анатомии,  
Харьковская медицинская академия последипломного образования***Yakovtsova I.I.,***doctor of medical science, head of the department of pathology, Kharkiv medical academy of postgraduate education***Stetsyshyn R.V.,***candidate of medical science, associate professor of the department of general, child's and oncological urology, Kharkiv medical academy of postgraduate education***Danilyuk S.V.,***candidate of medical science, associate professor of the department of pathology, Kharkiv medical academy of postgraduate education*

## **МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ И ИММУНОГИСТОХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТЕНКИ МОЧЕТОЧНИКА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ УРЕТЕРОЛИТИАЗА**

### **MORPHOFUNCTIONAL AND IMMUNOHISTOCHEMICAL CHANGES OF THE URETER WALL IN THE EXPERIMENTAL MODEL OF UROLITHIASIS**

#### **Аннотация**

Целью исследования явилось изучение на светооптическом уровне патоморфологических и иммуногистохимических изменений гистоструктуры стенки мочеточника в эксперименте. Модель воспроизведена на 48 беспородных кроликах с дальнейшим морфологическим исследованием состояния стенки мочеточника в зоне обструкции на 7-8 сутки. При длительности стояния конкремента в мочеточнике более 7-8 суток появляются дополнительные риски травматизации стенки мочеточника и возможности развития осложнений при эндоскопическом лечении уретеролитиаза. Длительное стояние камня в мочеточнике является дополнительным фактором, требующим использования лечебных методик, минимально травмирующих стенку мочеточника, в частности лазерной литотрипсии, вне зависимости от размеров, локализации и плотности камня.

*Ключевые слова:* камни мочеточника, уретеролитиаз, патоморфологические изменения

#### **Abstract**

The goal of this study was the investigation of ureter wall histostucture pathomorphological and immunohistochemical changes on optical level in the experimental model. The model was repeated in 48 mongrel rabbits with the following morphological assessment of the ureter wall in the obstruction zone 7 – 8 days later. The prolongation over 7 – 8 days of concrement incarceration in ureter gives rise to additional risks of ureter wall traumatizing and possible complications of endoscopic ureterolithiasis treatment. The prolonged stone incarceration is an additional factor requiring the implication of treatment approaches which are minimally traumatic to the ureter wall, laser lithotripsy in particular, regardless of stone size, location or density.

*Key words:* Ureteral stones, ureterolithiasis, pathomorphological changes

**Постановка проблемы.** Мировая статистика заболеваемости мочекаменной болезнью свидетельствует о 1,4-5,2 % от общего количества населения [2, с.400]. Из всех клинических случаев мочекаменной болезни на камни мочеточника приходится до 50 %.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Многие клиницисты считают локализацию конкремента в мочеточнике более опасной и коварной, нежели пребывание его в чашечно-лоханочной системе почки вследствие того, что даже наличие

камня небольших размеров вследствие узкого просвета мочеточника может приводить к грозным осложнениям и вызвать острое нарушение оттока мочи, вплоть до гибели почки [9, с.151; 7, с.84].

В настоящее время при определении лечебной тактики у больных со сложными камнями мочеточника, наибольшие трудности возникают не с выбором метода лечения, а с предполагаемой первичной клинической эффективностью лечения [1, с.39].

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** Следует отметить, что на данный момент существует проблема недостатка исходной

диагностической информации, вызванной ограниченными возможностями отдельных методов клинико-инструментальных и клинико-лабораторных. В проведенных экспериментальных исследованиях моделирование уретеролитиаза у лабораторных животных отображает нарушения, подобные происходящим у больных с камнями мочеочочника, а также позволяет изучить факторы, способствующие отхождению инородного тела из мочеочочника, а затем проследить возможные морфофункциональные изменения [5, с.216]. Однако, на данный момент остаются недостаточно изученными патоморфологические изменения стенки мочеочочника в зоне обструкции.

**Цель работы.** Изучение в эксперименте патоморфологических и иммуногистохимических изменений гистоструктуры стенки мочеочочника в зоне обструкции в сроки 7-8 суток и после ликвидации предшествующей обструкции имитатором камня в течение 7 суток.

#### **Материал и методы.**

Экспериментальные исследования для моделирования обструкции мочеочочника имитатором конкремента выполнены на 48 беспородных кроликах массой от 2,8 до 3,1 кг, с дальнейшим морфологическим исследованием состояния стенки мочеочочника в зоне обструкции на 7-8 сутки.

Для моделирования обструкции после вскрытия брюшной полости, под мочеочочник подводили держалку из монокриловой нити. Концы нити проводили в просвет силиконовой трубки с внутренним диаметром 5 мм и длиной до 4 см. Участок мочеочочника подтягивали в просвет трубки в виде петли 0,4 см. Одним из концов нитей прошивали стенку трубки и завязывали хирургическим узлом. Брюшную полость затем ушивали. Животных наблюдали в течение 7-8 суток. Оперативные вмешательства проводились у кроликов, наркотизированных кетаминном (0,1 мг/1000 г массы животного). Животных выводили из эксперимента путем внутривенного введения 5,0 мл 25 % раствора MgSO<sub>4</sub>, либо чрезмерной дозы тиопентала натрия (200 мг/1000 г массы животного). Все манипуляции с животными проводились в соответствии с положениями Закона Украины «Про захист тварин від жорстокого поводження» и Европейской конвенции по защите позвоночных животных [4, с.230; 8, с.53].

Для микроскопического исследования фрагменты мочеочочников после фиксации в 10 % растворе нейтрального формалина по стандартизированной методике обезжовивали в этаноле возрастающей концентрации, а потом заливали в парафиновые блоки [3, с.400]. Гистологические срезы толщиной 3-5 мкм окрашивали гематоксилином и эозином, соединительную ткань окрашивали по методу Ван-Гизона [6, с.548]. Препараты изучали и фотографировали с помощью фотоаппарата Canon PowerShot A510 и микроскопа Leica DM LS2.

Для детализации морфологических изменений применяли иммуногистохимический (ИГХ) метод с использованием первичных моноклональных антител (МКАТ) фирмы DAKO (Дания), Rady-to-Use. Особенности иммунных клеточных реакций в зонах повреждения стенки мочеочочника выявляли – по экспрессии лейкоцитов и В-клеточных кластеров дифференцировки (Myeloperoxidase, CD20), маркера плазматических клеток (CD38), маркера макрофагов (CD68). Тенденцию к коллагенообразованию для изучения «зрелости» грануляционной ткани в исследуемых образцах изучали с помощью МКАТ к Collagen I (коллаген I типа) (Thermo scientific, Германия) и Collagen IV (CIV22) (коллаген IV типа). Особенности васкуляризации в стенке мочеочочника изучались по экспрессии маркера эндотелиальных клеток (CD31 JC 70A). В качестве маркера мышечных структур использовали Smooth Muscle Actin (Thermo scientific).

Материал для исследования методами ИГХ фиксировался в 10% растворе нейтрального формалина, забуференном фосфатным буфером. Затем материал подвергался стандартной проводке по этапам возрастающей концентрации, хлороформом, после чего заливался парафином. Из приготовленных парафиновых блоков изготавливались серийные срезы толщиной 3-4 мкм, которые наносили на высокоадгезивные стекла Super Frost и высушивали при температуре 37°C в течение 18 часов. Демаскирующая термическая обработка была выполнена по методу кипячения срезов в цитратном буфере (pH 6,0). Для визуализации первичных антител применялась система детекции UltraVision Quanto Detection Systems HRP Polymer (Thermo scientific). В качестве хромогена использовался DAB (диаминобензидин).

Для оценки ИГХ метки использовали качественную шкалу: позитивная или негативная реакция определялась по наличию или отсутствию коричневого окрашивания тканевых и клеточных структур. Комплекс иммуноморфологических исследований проводился на микроскопе Primo Star (Carl Zeiss) с использованием программы AxioCam (ERc 5s).

**Изложение основного материала.** Предложенная в нашем исследовании экспериментальная модель с воспроизведением уретеролитиаза у лабораторных животных, как наиболее отображающая таковую при сложных камнях мочеочочника, позволила изучить ряд факторов, способствующих отхождению инородного тела из мочеочочника, а также проследить возможные морфо-функциональные и структурные изменения, подобные происходящим у больных с камнями мочеочочника.

Мочеочочник полый орган, просвет которого на поперечном сечении имеет извилистый (звездчатый) вид за счет глубоких продольных складок. При растяжении мочеочочника складки расправляются за счет развитого подслизистого слоя. Стенка мочеочочника состоит из 4 оболочек: слизистой, подслизистой, мышечной и адвентиции (Рис. 5.1).

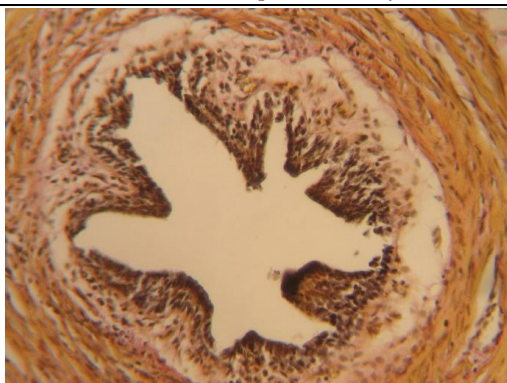


Рис. 5.1. Поперечный срез мочеточника интактного животного. Окраска по методу Ван-Гизон, х 400

При создании обструкции мочеточника имитатором камня в течение 7-8 суток слизистая оболочка была фрагментирована, с выраженными дистрофическими и некротическими изменениями. Наибольшая сохранность эпителия с наличием участков поверхностного слоя слизистой отмеча-

лась в зонах складок слизистой оболочки мочеточника. Большинство сохранившихся эпителиальных клеток были с признаками глубоких дистрофических изменений, ядра эпителиоцитов – с признаками кариопикноза, а иногда и фрагментации, неравномерным распределением (конденсацией) хроматина (рис. 2).

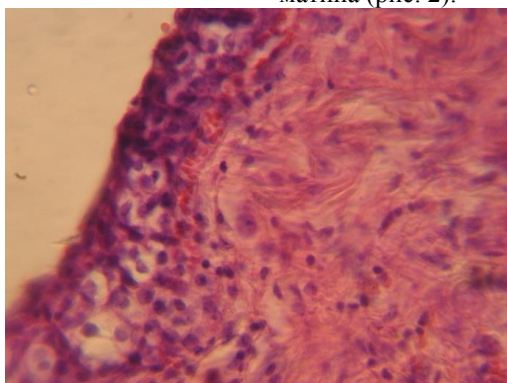


Рис. 2. Стенка мочеточника при обструкции имитатором камня на протяжении 7 суток. Некробиотические изменения слизистой оболочки. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. 400

На значительных по протяженности участках слизистой оболочки эпителиальные клетки отсутствовали, на поверхности базальной мембраны определялся тканевой детрит с фрагментами эпителиоцитов, включением нитей фибрина и клеток крови.

Очагово отмечается отек, разволокнение и мелкие очаги деструкции базальной мембраны. На всем протяжении отмечается умеренная воспалительная инфильтрация слизистой оболочки и нижележащих слоев стенки мочеточника, с преобладанием в воспалительном инфильтрате полиморноядерных лейкоцитов (Рис. 3).

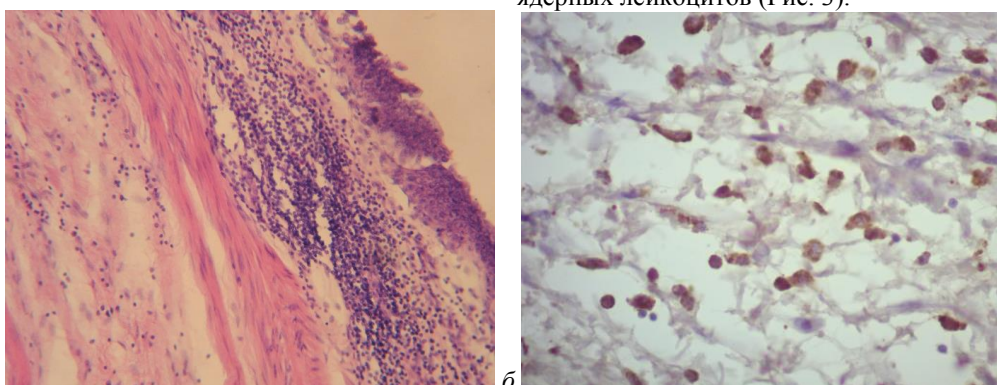


Рис. 3. Стенка мочеточника при обструкции на протяжении 8 суток. Диффузно-очаговая воспалительная инфильтрация стенки: а – окраска гематоксилином и эозином, х 200. Множественные лейкоциты в воспалительном инфильтрате; б – реакция с МКАТ к Myeloperoxidase, х400

В подслизистом слое мочеточника обнаруживаются явления дезорганизации соединительнот-

канных структур с признаками мукоидного и фибриноидного набухания, проявляющегося разволок-

нением, очаговым повышением эозинофилии коллагеновых волокон. При дальнейшей деструкции соединительной ткани отмечаются мелкие очаги

фибриноидного некроза с полной деструкцией, потерей фибриллярности и гомогенизацией пучков коллагеновых волокон (Рис. 3).

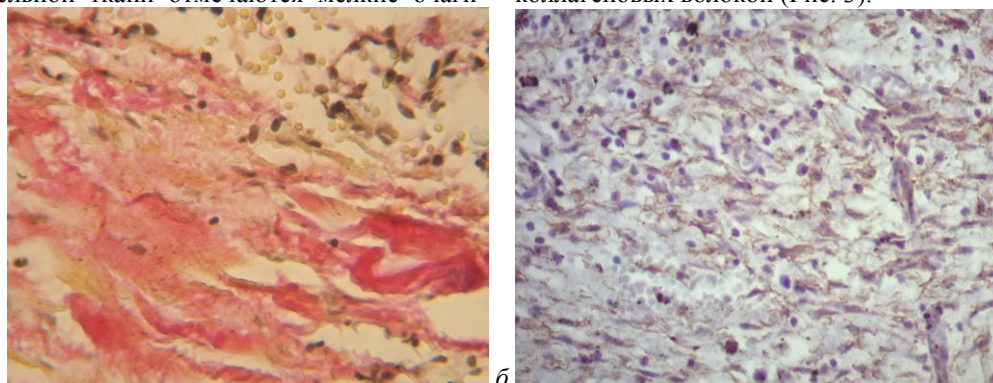


Рис. 3. Стенка мочеочника при обструкции на протяжении 7 суток. Разволокнение и потеря фибриллярности коллагеновых волокон; а – окраска по методу Ван-Гизон, x400; б – реакция с МКАТ к Collagen I, x400

Степень выраженности местных нарушений кровообращения в сосудах микроциркуляторного русла имеет неравномерный характер: большинство сосудов резко расширены за счет выраженного полнокровия, часть артериальных сосудов находится в спазмированном состоянии. В значительной части сосудов выявлены острые нарушения гемомикроциркуляции с признаками стаза, сладжа эритроцитов и пристеночного тромбоза, скопление

и краевое стояние нейтрофилов с признаками миграции за пределы сосудистой стенки. В части сосудов отмечается смазанность слоев стенки, фрагментация мышечной пластинки, очаговые некрозы эндотелия. Периваскулярно отмечаются массивные экставазаты элементов крови, что является морфологическим признаком нарушения проницаемости и целостности сосудистой стенки (Рис. 4).

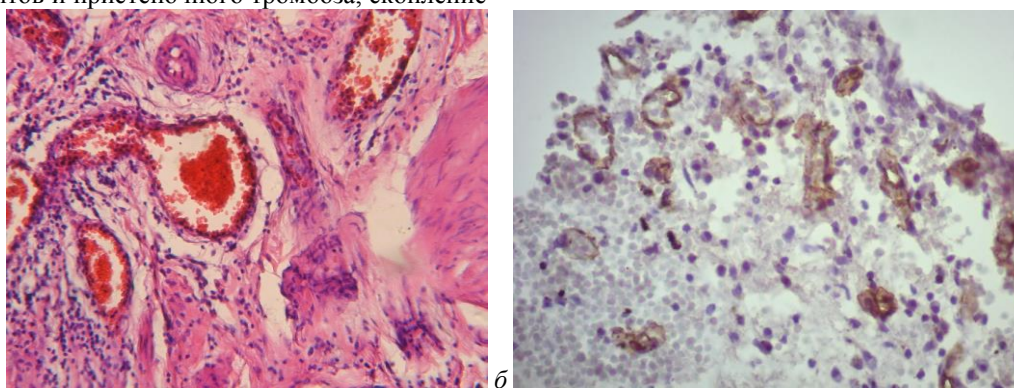


Рис. 4. Стенка мочеочника при обструкции на протяжении 8 суток. Тромбозы сосудов, спазм артериолы, периваскулярная воспалительная инфильтрация: а – окраска гематоксилином и эозином, x200. Смазанность слоев стенки капилляров, некрозы эндотелия, множественные эритроцитарные экставазаты; б – реакция с МКАТ к CD31 IC 70A, x400

В мышечном слое стенки мочеочника отмечаются очаговые кровоизлияния и воспалительные инфильтраты, отек соединительнотканых прослоек, локальные повреждения миоцитов разной степени выраженности (варьируют от вакуольной

дистрофии до миоцитолита и некроза), что проявляется мозаичностью интенсивности окраски миоцитов. Отмечаются также значительное количество миоцитов с нормальной структурой, неизменными тинкториальными особенностями (Рис.5.).



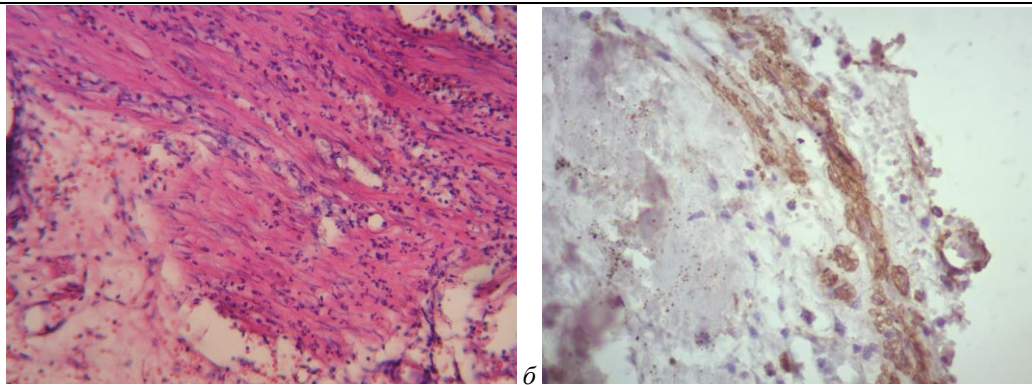


Рис. 5. Стенка мочеочника при обструкции на протяжении 7 суток. Мозаичность окраски миоцитов, очаги миоцитоза с воспалительной инфильтрацией: а – окраска гематоксилином и эозином,  $\times 100$ , б – реакция с МКАТ к Smooth Muscle Actin,  $\times 400$

При патогистологическом исследовании стенки мочеочника при экспериментальном изучении воздействия на нее обструкции в течение 7-8 суток были выявлены следующие особенности патологических изменений:

1. Явления дистрофии и некроза в эпителиальном слое мочеочника с выраженной десквамацией клеток переходного эпителия.

2. Дистрофические изменения и очаговые некрозы в подслизистом и мышечном слое с наличием диффузно-очаговой лейкоцитарной инфильтрации.

3. Дисциркуляторные нарушения в сосудах микроциркуляторного русла, периваскулярный и перичеселлюлярный отек, очаговые кровоизлияния развиваются вследствие нарушений проницаемости и целостности стенки сосудов.

4. Дистрофические изменения и мелкоочаговые некрозы миоцитов в мышечном слое мочеочника, явления отека и инфильтративно-воспалительные изменения в соединительной ткани между

пучками мышечных волокон.

Вторым этапом патоморфологического и иммуногистохимического исследования явилось микроскопическое исследование стенки мочеочника на 7 сутки после ликвидации предшествующей обструкции длительностью 7-8 суток.

При исследовании слизистой оболочки мочеочника отмечаются фокусы регенерации эпителия в виде очагов с пролиферативной активностью клеток базального слоя переходного эпителия. В участках эпителия в глубоких дистрофических и некротических изменениях сохраняется фрагментация эпителия, однако оголенных участков базальной мембраны не определяется. В складках эпителиального слоя дифференцируются базальный и межпочечный отделы, но слой поверхностных клеток несколько истончен и сохраняет мелкие участки некробиотических изменений, однако признаки десквамации эпителия и отложения тканевого детрита на поверхности отсутствуют (Рис. 6).

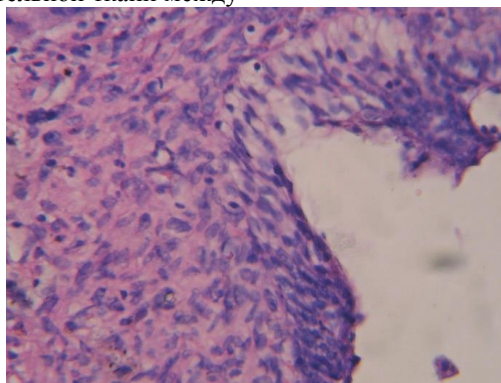


Рис. 6. Стенка мочеочника на 7 сутки после ликвидации предшествующей обструкции длительностью 8 суток. Очаговая пролиферация эпителиоцитов на фоне дистрофических изменений.

Окраска гематоксилином и эозином  $\times 100$ .

Базальная мембрана сохранна, отмечаются признаки умеренного отека, равномерное расположение волокон коллагена. Сохраняется неравномерность кровенаполнения сосудистых образова-

ний подслизистого слоя стенки мочеочника. Паретическое расширение сосудов незначительно выражено, в единичных сосудах сохраняются признаки ангиоспазма. Отмечаются мелкоочаговые повреждения сосудистых стенок, более выражены в сосудах мелкого калибра (Рис. 7).

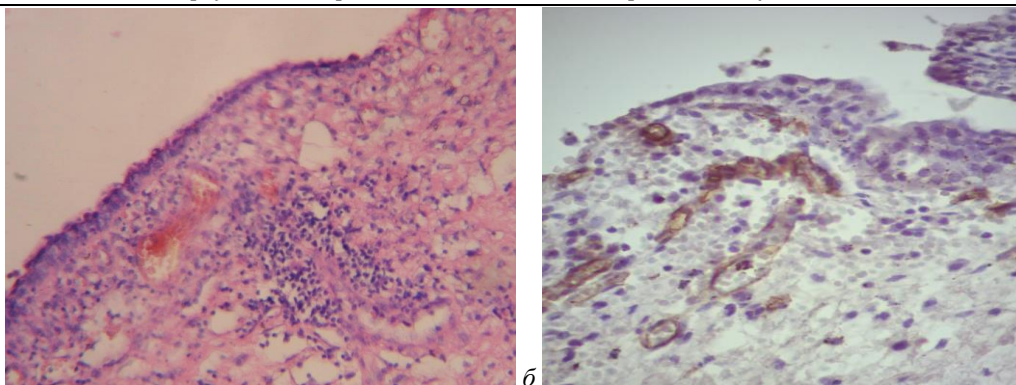


Рис. 7. Стенка мочеточника на 7 сутки после ликвидации предшествующей обструкции длительностью 8 суток. Полнокровие сосудов, умеренный отек, очаговое скопление лейкоцитов: а – окраска гематоксилином и эозином  $\times 100$ . Беспорядочное и вертикальное расположение капилляров; б – реакция с МКАТ к CD31 JC 70A,  $\times 400$

Площадь внесосудистых экставазатов и отека уменьшены в сравнении с исследованием при наличии обструкции в соответствующие сроки, но участки склерозирования периваскулярных пространств с наличием гемосидерофагов и отложений гемосидерина более выражены. Отмечается утолщение мышечного слоя стенок сосудов за счет умеренного отека и гипертрофии миоцитов. Клетки мышечной оболочки мочеточника окрашиваются неравномерно, распространенность очагов миоцитолита значительно уменьшена, отмечаются признаки резорбции и организации некротизированных клеток, отложение зерен липофусцина, появляются единичные мелкие группы мышечных

волокон с признаками атрофии и гипертрофии. В промежутках между мышечными волокнами отмечено увеличение содержания волокон коллагена, имевших утолщения, отмечаются отдельные пучки коллагеновых волокон с признаками мукоидного набухания (Рис. 8).

Во всей толще слизистой оболочки и соединительнотканых образованиях, которые расположены между гладкомышечными волокнами, имеет место инфильтрация полиморфноядерными лейкоцитами со значительным содержанием в клеточном составе лимфогистиоцитарных элементов.

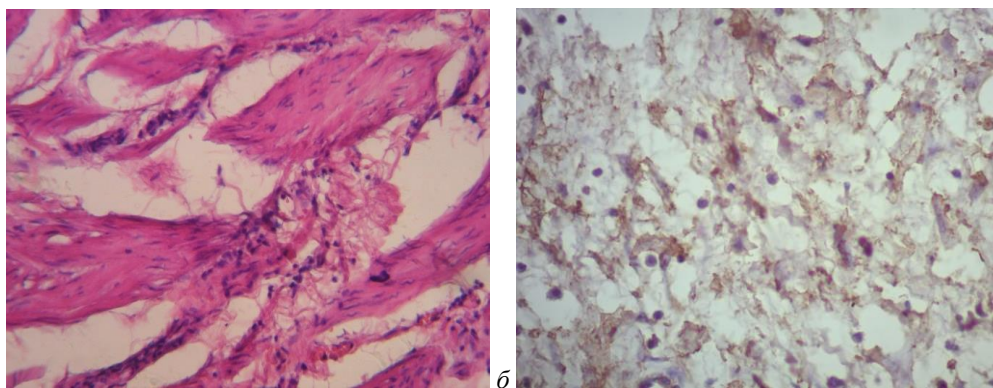


Рис. 8. Стенка мочеточника на 7 сутки после ликвидации предшествующей обструкции длительностью 7 суток. Пучки мышечных волокон с признаками атрофии, очаговой пролиферации фибробластов: а – окраска гематоксилином и эозином  $\times 200$ . Утолщенные пучки коллагеновых волокон; б – реакция с МКАТ к Collagen I,  $\times 400$

На фоне умеренных воспалительных изменений обнаруживаются признаки активации фибропластических процессов различной степени выраженности. Так, очагово среди лимфоцитов встречаются одиночные фибробласты и миофибробласты без образования волокнистых структур, в других

участках молодые соединительнотканые клетки расположены небольшими группами и характеризуются наличием единичных тонких разнонаправленных коллагеновых волокон, формирующих сетчатые структуры (Рис 9).



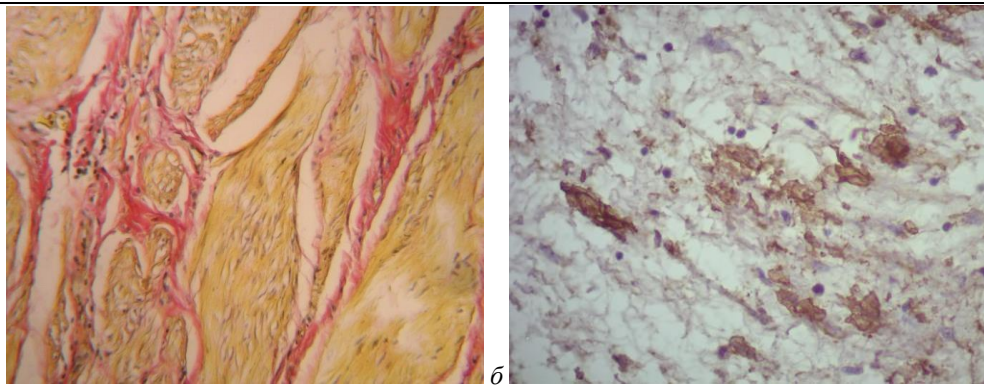


Рис. 9. Стенка мочеоточника на 7 сутки после ликвидации предшествующей обструкции длительностью 8 суток. Тонкие прослойки коллагеновых волокон в межмышечных промежутках: а – окраска по методу Ван-Гизона  $\times 100$ . Утолщенные разнонаправленные коллагеновые волокна; б – реакция с МКАТ к Collagen I,  $\times 400$

При гистологическом исследовании стенки мочеоточника на 7-8 сутки после ликвидации обструкции в сроках 7-8 суток выявлены следующие особенности:

1. Отмечаются единичные мелкие фокусы некроза эпителиальной оболочки, дистрофические изменения значительно уменьшаются по протяженности и тяжести, определяются множественные очаги регенерации за счет пролиферации камбиальных клеток эпителия.

2. Умеренная выраженность воспалительной инфильтрации, преимущественно очагового характера с преобладанием в клеточном составе лимфоцитов.

3. Сохраняется умеренный отек и склерозирование периваскулярных пространств, невыраженные нарушения гемомикроциркуляции в виде стаза, сладжа эритроцитов.

4. Явления дистрофии и цитолиза миоцитов стенки мочеоточника имеют меньшую выраженность, но появляются очаговые склеротические изменения за счет пролиферации соединительнотканых компонентов.

Проведенное комплексное морфологическое исследование показало, что при нахождении конкремента в просвете мочеоточника в сроки 7-8 суток выявлены патологические изменения во всех слоях слизистой оболочки. В первую очередь, следует отметить стойкую тенденцию к потере эпителиального слоя с обнажением базальной мембраны и подлежащей собственной пластинки слизистой оболочки. Реакция слизистой оболочки мочеоточника на длительное травмирующее воздействие проявлялась в виде воспалительной реакции, которая реализовалась очаговой и диффузной, преимущественно лейкоцитарной инфильтрацией, захватывающей все слои мочеоточника.

Кровенаполнение капилляров и сосудов варьировало от наличия запустевших, паретически расширенных сосудов до полнокровных (с признаками агрегации эритроцитов). Выраженные нарушения кровоснабжения стенки мочеоточника в сочетании с длительным травмирующим воздействием привели к таким тяжелым изменениям, как появление оча-

гов некроза. Одновременно отмечалась реакция соединительной ткани. В собственной пластинке слизистой оболочки выраженный отек сопровождался фрагментацией соединительнотканых волокон и их деструкцией. При этом в подслизистой оболочке и межмышечных прослойках количество коллагеновых волокон увеличивалось, появлялась очаговая пролиферация эластических волокон.

Выявление очагов некроза у животных в модельном эксперименте со сроком заболевания 7-8 суток (по аналогии с уретеролитиазом у пациентов) свидетельствовало о возможном развитии мелкоочаговых необратимых изменений в тканях даже при непродолжительном нахождении камня в просвете мочеоточника.

**Выводы из данного исследования и перспективы.** При фиксации конкремента в просвете мочеоточника более 7 суток в стенке органа развиваются изменения, способствующие повышенной травматизации стенки мочеоточника во время эндоскопической операции. То есть, при длительности стояния конкремента в мочеоточнике более 7-8 суток появляются дополнительные риски травматизации стенки мочеоточника и возможности развития осложнений при эндоскопическом лечении уретеролитиаза.

Учитывая выраженность изменений стенки мочеоточника, данные сроки стояния конкремента требуют соответствующей длительности использования мочеоточниковых стентов. Последние в данном случае играют роль протекторов, способствующих оптимальному восстановлению слоев стенки мочеоточника, предохраняют от образования стриктур и деформаций просвета мочеоточника в отдаленные сроки лечения.

Длительное стояние камня в мочеоточнике является дополнительным фактором, требующим использования лечебных методик, минимально травмирующих стенку мочеоточника, в частности контактной литотрипсии, вне зависимости от размеров, локализации и плотности камня.

Перспективным является дальнейшее гистологическое исследование стенки мочеоточника на 14 сутки фиксации конкремента в мочеоточнике, а

также после ликвидации обструкции в сроках 14 суток.

### Литература

1. Боржієвський А. Ц. Сучасні алгоритми лікування хворих на сечокам'яну хворобу / А. Ц. Боржієвський // Урологія. – 2005. – №2. – С. 39–42.
2. Вошула В. И. Мочекаменная болезнь: этиотропное и патогенетическое лечение, профилактика / В. И. Вошула. – Минск: ВЭВЭР, 2006. – 268 с.
3. Жаров А. В. Патоморфологические методики / А. В. Жаров, И. В. Иванов, А. П. Стрельников // М: Колос, 2000. – 400 с.
4. Закон України №3447-IV “Про захист тварин від жорстокого поводження”//Відомості Верховної Ради України. –2006. –№ 27 –С.230.
5. Лабораторные животные. Разведение, содержание, использование в эксперименте. 3-е изд., перераб. и доп. / И. П. Западнюк [и др.] – К.: Вища школа, 1983. – С. 216; С. 268.
6. Саркисов Д. С. Микроскопическая техника / Д. С. Саркисов, Ю. Л. Петров // М: Медицина. – 1996. – 548с.
7. Сохин С. А., Мельник В. В. Комплексное лечение при хроническом обструктивном пиелонефрите. // Укр. мед. часопис. – 2012, №2(88). – С. 84–85.
8. European convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes.– Council of Europe, Strasbourg, 1986.– 53p.
9. Ureteral calculi / D. H. Bagley, E. Higashira, N. R. Netto [et al.]// Stone disease –2003.–№12(134). –P. 151–172.

<sup>1</sup>Sukhee Z., <sup>1</sup>Khishigjargal S., <sup>2</sup>Molor-Erdene P., <sup>2</sup>Sarantsetseg B.,  
<sup>3</sup>Uuganbayar B., <sup>4</sup>Dashinamhzirov Zb.B., <sup>4</sup>Tsydendambaev P.B.

<sup>1</sup>Institute of Traditional Medicine, Mongolian National University of Medical Science;

<sup>2</sup>The “New medicine” Medical Institute of Mongolia;

<sup>3</sup>The Institute of Traditional Medicine and Technology of Mongolia;

<sup>4</sup>Institute of General and Experimental Biology, SB RAS, Ulan-Ude, Russia

### THE EFFECT OF TRADITIONAL RECIPE «LIDER-5» ON ANTIOXIDANT ACTIVITY ON THE EXPERIMENTAL ARTHRITIS INDUCED IN ANIMALS

**Summary:** The traditional recipe «Lider-5» was used for the treatment of gout podagra, rheumatoid arthritis (RA) and other joint diseases and thus we aimed to study its effect on antioxidant activity during the arthritis induced in experimental animals. Our results showed that the recipe «Lider-5» decreases the malondialdehyde (MDA) levels in serum and joints, enhanced superoxide dismutase and glutathione enzyme activities, the indicators of the reviving antioxidant status. The above highlights prophylactic and therapeutic effects of «Lider-5» recipe on oxidative stress in the experimental model, and this is mostly due to the antioxidant activity of constituting medical herbs such as Lider (*Tinospora sinensis*) and Degd (*Gentiana decumbens* L.).

**Key words:** «Lider-5», experimental arthritis, antioxidant activity, *Gentiana decumbens* L., *Tinospora sinensis*.

**Rational of study:** The main cause of RA is unclear, but its' key pathological features include a proliferative synovitis cartilage degradation, erosion of bone, and fibrosis. This severe disease has autoimmune origin, and a slow progression, which consequently reduces the average life expectancy by 3-18 years and leads to the disability 80% of its patients within 20 years.

The recent studies show that 1% of the population is affected by RA, of which women aged between 40 and 50 have the biggest share [1, p.2].

Collagen-induced arthritis (CIA) is an animal model of rheumatoid arthritis that is widely used to address questions of disease pathogenesis. Arthritis is normally induced in mice or rats by immunization with type II collagen in adjuvant. Because these animals are cost effective, can be genetically modified, highly reproductive and gives opportunity to determine early, intermediate and later stages of disease pathogenesis.

Recent studies of Japanese and American researchers showed that using medications with antioxidant effect gives positive results in treatment of rheumatoid arthritis. Therefore, we have chosen to study recipe «Lider-5», an oriental recipe called RA remedy, that contains antioxidant raw materials such as Lider

(*Tinospora sinensis*), and is used for the treatment of gout podagra, rheumatoid arthritis and other joint diseases. It consists of five basic constituents such as Lider (*Tinospora sinensis*), Vanlag (*Gymnadenia conopsea*), Ar-ura (*Terminalia chebula* Retz), Talgadorj (*Cassia TORA*), *Gentiana* (*Gentiana decumbens*) [2-5, p.2].

**The aim of study:** The aim is to study the effect of traditional recipe «Lider-5» on antioxidant activity on the type 2 collagen-induced arthritis model.

**Materials and method:** The study was carried out at the Institute of Traditional Medicine of Mongolian National University of Medical Science and Laboratory of Pharmacological studies at Research center for Traditional Medicine and Technology, at the Inner Mongolia Autonomous Region. The recipe «Lider-5» used for studies was obtained from Eznii Khoshuu's Mongolian hospital in Alasha aimag of the Inner Mongolia Autonomous Region.

Mice in control and «Lider-5» treated groups were given 1 mg of an emulsion made with 0.5mg bovine type II collagen solution and 0.5mg in complete Freund's adjuvant by intradermal injection on 3 sites of a spine and a week later a booster injection using identically prepared emulsion was given.



Mice in the intact group were injected with 0.9% NaCl solution in the same way as in the other groups.

Arthritic limb is visually identified by redness and swelling of the ankle joint. For most the first signs of arthritis development are visible on day 14 and severe inflammatory reaction often develop by day 28 after immunization. 21 days after the immunization in comparative group that was treated with 40mg/kg of ibuprofen (Ibuprofen group), in two groups of «Lider-5» treatment 100mg/kg (Lider-5 (100) group) and 200mg/kg (Lider-5 (200) group) per body weight, «Lider-5» receipt's water extracts was given orally to mice. Results were measured by change in the malondialdehyde (MDA) levels, superoxide dismutase (SOD) and glutathione (GSH) enzyme levels.

**Results:** Researches confirmed that inflammation disturbs body's lipid peroxidation process and antioxidant status and levels of serum malondialdehyde

(MDA), and lipid peroxidation products such as hydrogen peroxide, and hydroxyl radical concentration were increased in blood and inflammation sites (Utyashev B.S., Baiurin F.Ya., 1998).

Based on results of the above studies, were measured on day 56 serum malondialdehyde (MDA), the activities of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT), glutathione (GSH) and superoxide dismutase (SOD) levels.

Table 1 shows that control group's serum MDA levels were increased by 1.9 times, and MDA levels in paw tissue were 2.4 times higher in comparison with the intact group ( $p < 0.001$ ). Experiment results confirm that serum and tissue MDA levels increase in collagen-induced RA model is statistically significant.

Table 1

**Effect of «Lider-5» on levels of MDA in rhemathoid arthritis**

Groups (mg/kg)	MDA levels (nmol/ml)	
	Serum	Paw tissue
<b>Intact</b>	0.45±0.02	1.38±0.02
<b>Control</b>	0.84±0.02	3.25±0.21
<b>Ibuprofen(40)</b>	0.59±0.01**	2.13±0.19**
<b>Lider-5(100)</b>	0.76±0.05*	2.84±0.25*
<b>Lider-5(200)</b>	0.60±0.03**	2.21±0.11**

\*Compared to control group  $p < 0.05$

\*\* Compared to control group  $p < 0.01$

Compared to the control group (0.84±0.02), serum MDA levels in «Lider-5» (100mg/kg) group were decreased by 10.5 percent (0.76±0.05) and in «Lider-5» (200mg/kg) group were decrease by 40 percent (0.60±0.03). If compare «Lider-5» (200mg/kg) to «Lider-5» (100mg/kg) group then serum MDA levels were 26.7 percent lower with a statistical significance.

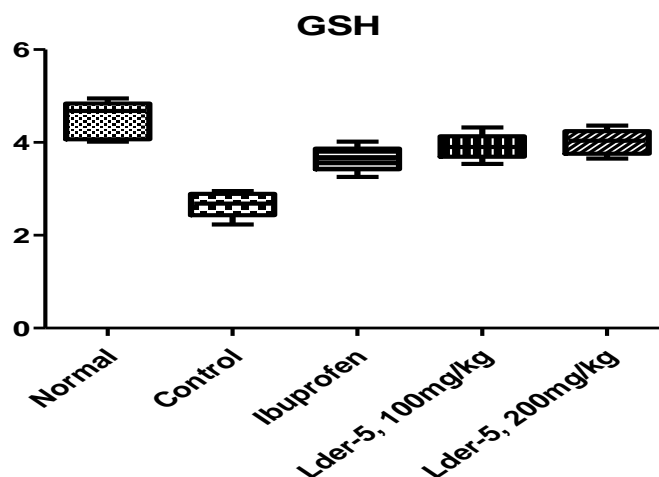
Compared to the control group, MDA levels in joint tissue the «Lider-5» (100mg/kg) group was decreased by 14.4 percent (3.25±0.21) and in «Lider-5» (200mg/kg) group were decrease by 47.1 percent (2.21±0.11). If compare «Lider-5» (200mg/kg) to «Lider-5» (100mg/kg) group then MDA levels were 28.5 percent lower with a statistical significance.

Antioxidant substances activate enzymes such as superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT),

glutathione- superoxidase with antioxidant properties which removes Iron and copper ions, leading to the generation of reactive oxygen species and activating free radicals, thus restores cell structure via limiting interaction of double bonds in unsaturated fatty acids with oxidant.

The assessment of glutathione (GSH) and superoxide dismutase (SOD) levels in homogenate prepared from tissue samples of collagen type II induced RA animals' joint cartilage was performed with a spectrophotometric method.

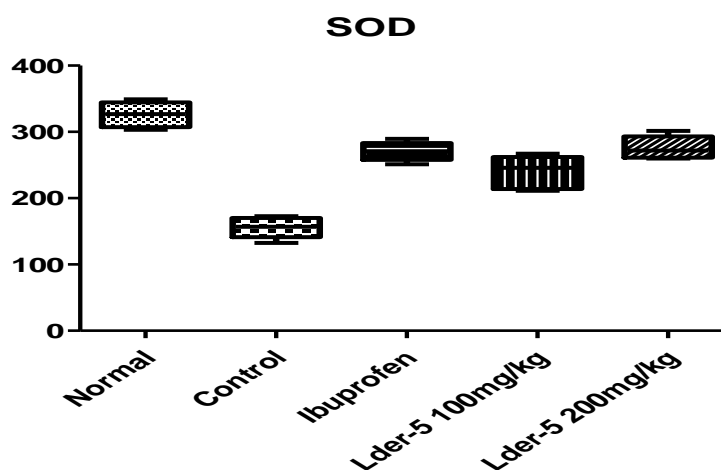
Experimental results show that GSN levels in the control group compared to intact group was lower by 1.7 times, and SOD levels were decreased by 2.1 times ( $P < 0.01$ ).



Picture 1. Effect of «Lider-5» on levels of GSH levels in rhemathoid arthritis model.

Picture 1 show that GSH enzyme levels in RA models decreased with a statistical significance. Compared to the control group ( $2.67 \pm 0.27$ ), GSH levels in joint tissue in «Lider-5» (100mg/kg) group was increased by 26.9 percent ( $3.91 \pm 0.28$ ) and in «Lider-5»

(200mg/kg) group were increased by 33.4 percent ( $4.01 \pm 0.26$ ). If compare «Lider-5» (200mg/kg) to «Lider-5» (100mg/kg) groups, the change in GSH levels did not have a statistical significance.



Picture 2. Effect of «Lider-5» on SOD levels in rhemathoid arthritis model.

Picture 2 shows that SOD enzyme levels in RA models decreased with a statistical significance. Compared to the control group ( $155.8 \pm 15.9$ ), SOD levels in a cartilage tissue in «Lider-5» (100mg/kg) group was increased by 1.5 times ( $239.5 \pm 23.1$ ) and in «Lider-5» (200mg/kg) group were increased by 1.8 times ( $276.0 \pm 17.2$ ). If compare «Lider-5» (200mg/kg) to Lder-5 (100mg/kg) groups, the change in SOD levels have a statistical significance.

Our study on the effect of traditional receipt «Lider-5» on antioxidant status in arthritis induced in experimental animals, showed that «Lider-5» receipt lowers impact of lipid peroxidation products by activating antioxidant enzymes and generally exerts antioxidant activity in RA model.

**Discussion:** Mongolian traditional receipt is one of the main legacies of traditional wisdom which has been enriched over centuries and contributed to the historical and civilization of the mankind. Part of it is to

study the medical activity of herbal products and minerals and use them as food and medical substance.

Traditional medicine in Mongolia has been rehabilitating last 50 years. In this period study, all fields such as research, training, education, medical care and medical production has reached some success, and new knowledge, data and experience has been accumulated. On the other hand, the oriental medicine is drawing the world's attention.

«Lider-5» receipt is traditional medicine, which consists five different types of medical herbs such as Lider (*Tinospora sinensis*), Vanlag (*Gymnadenia conopsea*), Ar Ura (*Terminalia chebula Retz*), Talgadorj (*Cassia tora*), Degd (*Gentiana decumbens*). In our study induction of RA model increased the serum malondialdehyde (MDA) levels by 1,9 times, and articular tissue MDA levels by 2,4 times in the control group. Also experimental results showed, that GSN levels in the control group compared to intact group

was lowered by 1.7 times, and SOD levels were decreased by 2.1 times. These facts show that collagen type II induced RA animals have significant changes in their antioxidant status.

Indian scientists Pallinti Vasanthi, Nalini Ganesan, Chegu Hariprasad, G. Rajasekhar, S. Meera etc. determined that MDA levels increases in experimental RA animals (6, p.7), while Turkish scientists Nurettin Tastekin, Nurettin Aydogdu, Dikmen Dokmecic, Ufuk Usta, Murat Birtane, Hakan Erbas, Mevlut Turetc identified, that not only MDA levels increase, but also GSN levels, SOD, catalase enzyme levels decrease in RA model (7, p.7).

Compared to the control group, «Lider-5» (200mg/kg) treated group's serum MDA levels were decreased by 40 percent, articular tissue MDA levels were decreased by 47.1 percent ( $2.21 \pm 0.11$ ), while GSH levels in articular tissue were increased by 26.9-33.4 percent, SOD levels were increased by 1.5-1.8 times.

Based on the results of our study, «Lider-5» receipt has therapeutic effects on oxidative stress in the experimental model, and this is mostly due to the antioxidant activity of its' constitutes. For example, Lider (*Tinospora sinensis*), Degd (*Gentiana decumbens*) contain alkaloids such as sophoradin, Cytisine, N-oxyethylcytisine, sophocarpin, neosophoramin, Baptifolin, isosophoridin, aloperine, allilaloperine, N-methylaloperine, matrine, trikrotophiltetramine, sophorin,  $\alpha$ -III-hydroxy, sophoridin, 13-14 dehydrosophorodine [8, 9, p. 7]. Indian researchers Sanjay Jain, Bhumika Sherlekar, Rakesh Barik find out that Lider (*Tinospora sinensis*) has antioxidant activity (10, p.7).

**Conclusion:** Traditional receipt «Lider-5» has positive effect on antioxidant status in type 2 collagen-induced arthritic model.

#### Reference:

1. Kong Y., Feige U., Sarosi I. et al. Activated T cells regulate bone loss and joint destruction in adjuvant arthritis through osteoprotegerin ligand // Nature. -1999; Vol. 402. - P. 304-309.

2. Ж.Сурэнжав. Монгол анагаах ухааны эм найралгын судлал. ӨМӨЗО. Ардын хэвлэлийн хороо. ХӨх хот. 1991 он. х. 126-127.

3. Дараммаарамба. Бэрх онисны учир зангилаат тайлагч. ӨМӨЗО. Ардын хэвлэлийн хороо. ХӨх хот. 1990 он. х. 135-143.

4. Тован Гомбожав. Монгол есны нууц уламжалт заслын ундэс ӨМӨЗО. Ардын хэвлэлийн хороо. ХӨх хот. . х. 302.

5. Хангайбаатар. Бай чин юны эмчилгээний туршлагат жор. ӨМӨЗО. Ардын хэвлэлийн хороо. ХӨх хот. х. 115.

6. Pallinti Vasanthi, Nalini Ganesan, Chegu Hariprasad, G. Rajasekhar, S. Meera. Plasma lipophilic antioxidant and pro-oxidant levels in rheumatoid arthritis // J. Indian Rheumatol. Assoc. - 2004. - Vol. 12. - P. 40-42.

7. Nurettin Tastekin, Nurettin Aydogdu, Dikmen Dokmecic, Ufuk Usta, Murat Birtane, Hakan Erbas, Mevlut Ture. Protective effects of l-carnitine and alpha-lipoic acid in rats with adjuvant arthritis // Pharmacological Research. - Vol. 56 (2007). - P. 303-310.

8. Хурэлчулуун Б., Ө. Батчимэг. Монгол эмэнд хэрэглэдэг гадаад ургамлын туухий эд. Улаанбаатар хот, 2004 он. Эрхэс хэвлэх уйлдвэр. х. 10-12, 88-89.

9. Лига У. нар. Монгол орны эмийн ургамлыг Өрнө дорнын анагаах ухаанд хэрэглэхуй. Улаанбаатар: ЖКС printing; 2005. х. 153.

10. Sanjay Jain, Bhumika Sherlekar, Rakesh Barik. Evaluation of antioxidant potential of tinospora cordifolia and tinospora sinensis // International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. - 2010; Vol. 1 (11). - P. 122-128.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Yusupov Dilmurod Turdaliyevich,**

*LLC «Scientific and technological center» of JSC «Uzbekenergo»,  
junior researcher  
Tashkent, Uzbekistan*

**Umirova Nilufar Ravilevna,**

*Tashkent state technical university,  
assistant  
Tashkent, Uzbekistan*

**Pulatova Dilnoza Mannanovna,**

*Tashkent state technical university,  
assistant  
Tashkent, Uzbekistan*

### PURIFICATION OF TRANSFORMER OIL FROM WATER

Analysis of influence of water on operational properties of oil in the course of long operation of the power transformer is carried out in the article. The carried out analysis showed that the emulsified water is the most dangerous to lifecycle of the power transformer as reduces the puncture voltage of transformer oil. With respect there to, purification of the wasted transformer oil with silica gel and zeolite in a combination of ceramic membranes is carried out. Application of the adsorptive method with a combination of ceramic membranes allowed carrying out effectively purification of transformer oil from emulsified water.

**Key words:** power transformer, transformer oil, water, ceramic membrane, silica gel, zeolite, mobile installation.

Transformer oil, being used for isolation and cooling, also defines quality of working of oil transformers. As, 85% of breakages of oil transformers happen because of damage of isolation [1]. In this regard more actual task is timely purification and regeneration of oil of power transformers with their long exploitations.

In exploitation transformer oil contains the water which is contented in the process of aging of oil and cellulose isolation and also the water getting to oil from environment. The insignificant amount of water can have considerable influence to features of exploitation of the transformer. For example, if contents of water in transformer oil are exceeded by 50 ppm, then there can be a breakdown that leads to a transformer exit out of operation [2]. The carried-out analysis [3] shows that the content of water in transformer oil is the main reason for various type of damage of power transformers.

Depending on content of moisture in transformer oil water can be in three states: free, emulsified and connected.

Free water has the large form, doesn't mix up with transformer oil and easily separates from his structure.

The emulsified water consists of small drops of liquid. Droplets of this water can be besieged or under

the influence of electric field to be built in chains and to form the carrying-out bridges [4] and as a result of, this type of water, can influence to the puncture voltage of transformer oil. The puncture voltage of oil is the indicator characterizing ability of liquid dielectric to maintain the impressed voltage without breakdown. The carried-out researches [5] claim that increase the emulsified water in content of transformer oil suddenly goes down of puncture voltage as it is given in figure 1. Under the influence of electric field of a drop of the emulsified water in oil are involved to places where voltage of electric field is higher and where begins emergence of breakdown [6].

The connected water has very small form, the chemical composition of this water is strong connected with a chemical composition of transformer oil and, it is almost impossible to be exempted from her. She also contains in fresh oil. On the other side, the connected water doesn't render an essential harmful influence on electro physical indicators of transformer oil [7].

In this regard, the purpose of this work is purification of transformer oil from the emulsified water for increase its puncture voltage.

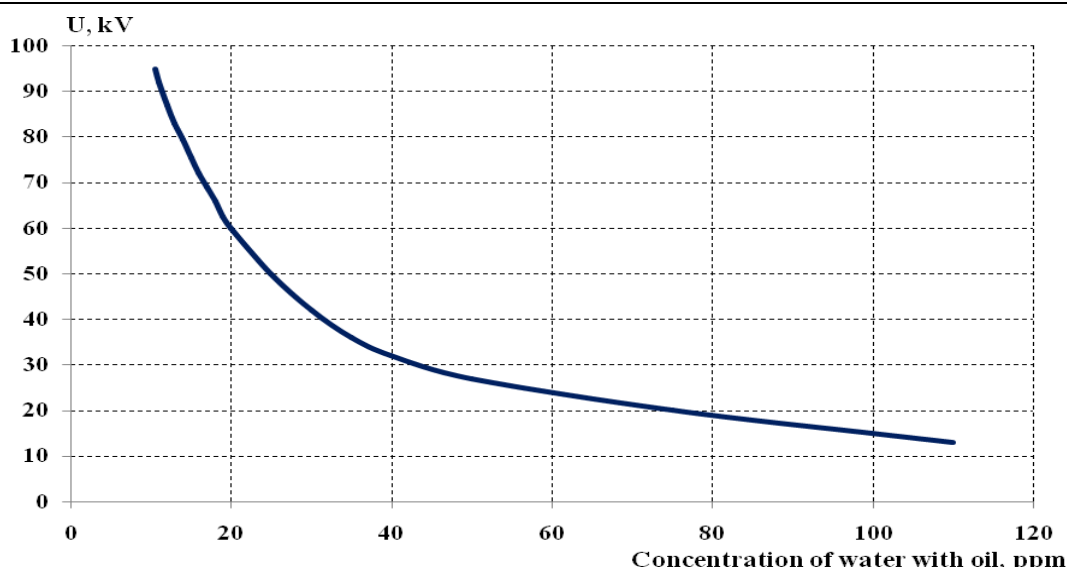


Figure 1. Influence of water to the puncture voltage of transformer oil

The sample of waste transformer oil with long exploitation is received by authors from the specialized repair enterprise JSC “Energotamir” to carrying out of research works. This received transformer oil has been taken from the power transformer, which is working since 1976 year.

Various methods are applied to carrying out regeneration of the waste transformer oil from water. On the basis of the carried-out analysis [8-10] authors offer table 1, where are given efficiency of the existing methods of regeneration of the waste oil from water.

Table 1.

**Efficiency of the existing methods of regeneration of the waste oil from water**

Name of technology of regeneration	Principle of operation	Efficiency of purification		
		from free water	from the emulsified water	from connected water
Upholding	Is based on natural sedimentation of water, being in a suspension, at quiet standing of oil.	Delete	Don't delete	Don't delete
Centrifugal separation	One of methods of removal of water of oil is carried out by means of centrifuges. The method is based on division of various fractions of non-uniform mixes under the influence of centrifugal force.	Delete	Delete	Don't delete
Adsorption purification	It is based on water absorption by various adsorbents on an external surface of granules and on an internal surface of the capillaries penetrating granules.	Delete	Delete	Delete

The adsorptive way is applied for purification of transformer oil from the emulsified water. As adsorbents silica gel and zeolite are used.

For deleting of mechanical impurity from transformer oil by authors have developed ceramic membranes with an average size of with porosity 1-3 microns.

Regeneration of transformer oil was carried out according to the closed scheme [11]. The waste transformer oil heated to 70°C moves to the box with adsorbents (silica gel) in which oil is exposed to percolare (course of liquid through porous material) influence and comes to the block of a ceramic membrane. If necessary oil is outgases by pumping out and goes to the second cycle of cleaning – to the box with adsorbents.

Repeated circulation of oil allows to achieving the necessary level of cleaning.

Optimum results have been received when total time of contact of adsorbents with oil made not less than 4 hours. The purified sample oils at a temperature 50-70 °C have been passed through porosity silica gel for deleting of products of aging of transformer oil. Then oil is cleaned by ceramic membranes.

The analysis of the regenerated transformer oil has shown its high dielectric properties, however availability of residual water hasn't allowed to reach the required level of electric durability of sample oil – 51 kV (norm - 60 kV). Availability of residual water found as a result of researches on the laser analyzer (firm "Malvern Ltd.") distributions of particles by the sizes.

For the purpose of the residual, that is emulsified water and increase the puncture voltage of transformer oil has been subjected to regeneration by zeolite in combination with silica gel and ceramic membranes.

The analysis of the regenerated oil has also shown high dielectric properties ( $\text{tg}\delta=0,20$  at  $90^\circ\text{C}$ , at norm - 1,7%), the electric durability of a sample – 60 kV (at norm of 60 kV), the content of organic acids – 0,018

milligram hydroxide potassium/gram in oil (at norm – 0,02 milligram hydroxide potassium/gram).

The analysis of samples of transformer oil purified through silica gel, ceramic membrane and zeolite, on the laser diffraction analyzer of particles has shown that there is no emulsified water in submicron area.

Electro physical parameters of transformer oil before and after purification are shown in table 2.

Table 2.

**Electro physical properties of oil (before and after purification)**

N	Electro physical properties of oil	Before purification	After purification (silica gel + ceramic membrane)	After purification (silica gel + ceramic membrane + zeolite)
1.	Electric durability (puncture voltage)	22,8 kV	51 kV (Norm 60 kV)	60 kV (Norm 60 kV)
2.	Water content	Be present	Be present	Be absent
3.	Mechanical impurity	Be present	Be absent	Be absent
4.	Content of the weighed coal	Be present	Be absent	Be absent
5.	Colour	Brown	Yellow	Yellow
6.	the content of organic acids (milligram hydroxide potassium in 1 gram oil)	0,030 (Norm 0,020)	0,019 (Norm 0,020)	0,018 (Norm 0,020)
7.	Outbreak temperature	147°C (Norm 135°C)	151°C (Norm 135°C)	151°C (Norm 135°C)
8.	Dielectric losses			
	Tangent of angle $\delta$ at $20^\circ\text{C}$	2,05%	0,05%	0,05%
	Tangent of angle $\delta$ at $70^\circ\text{C}$	6,86%	0,14%	0,14%
	Tangent of angle $\delta$ at $90^\circ\text{C}$	13,0% (Norm 1,7%)	0,30% (Norm 1,7%)	0,20% (Norm 1,7%)

Laboratory researches on the adsorptive purification of oil with use ceramic membranes have shown high dielectric properties of the purified oil. Apparently from the table 2, oil is quite conformed to requirements of normative documents [12-13].

In figure 2 it is given spectral dependences of coefficients of a transmission of transformer oil before and after purification [14]. It is visible from graphics that regeneration has led to essential clarification of transformer oil.

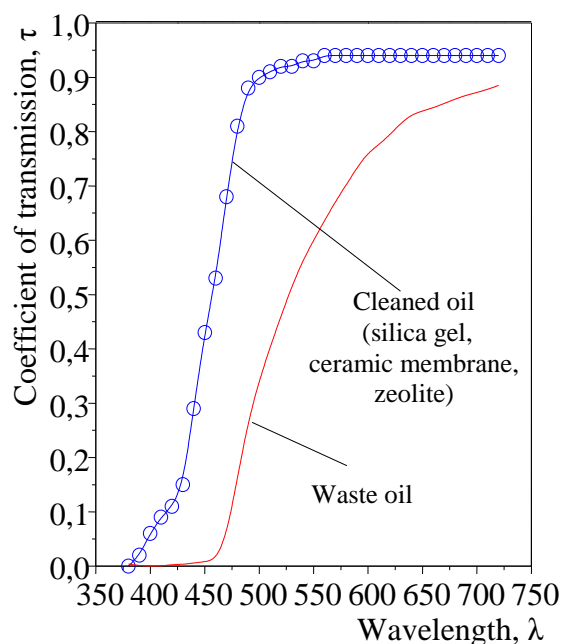


Figure 2. Spectral coefficients of transmission transformer oil before and after purification in comparison.

Working capacity of the adsorptive method allows offering mobile installation for cleaning of the power transformer. In this case the tank of the power transformer joins in the technological scheme and there is a purification of oil in the mode of circulating pumping. This mode allows using the adsorptive method for washing the isolation and tank. It can be carried out by mobile installation.

The schematic diagram of mobile installation is given in figure 3 [15]. The waste transformer oil is pumped over by a circulating oil pump (2) from the

power transformer (1) and transferred into the electric heater (3) where heats up until temperature of 70°C. Heated oil moves to the box with adsorbent (silica gel) (4) and it cleans from various chemicals. Then oil is passes in to adsorbent (zeolite) (5) and it cleans from emulsified water. Further oil arrives in the ceramic filter (6) for cleaning from mechanical impurity. Then the purified oil moves in a broad tank (7) of the power transformer. Repeated circulations of oil allow achieving the necessary level of purification.

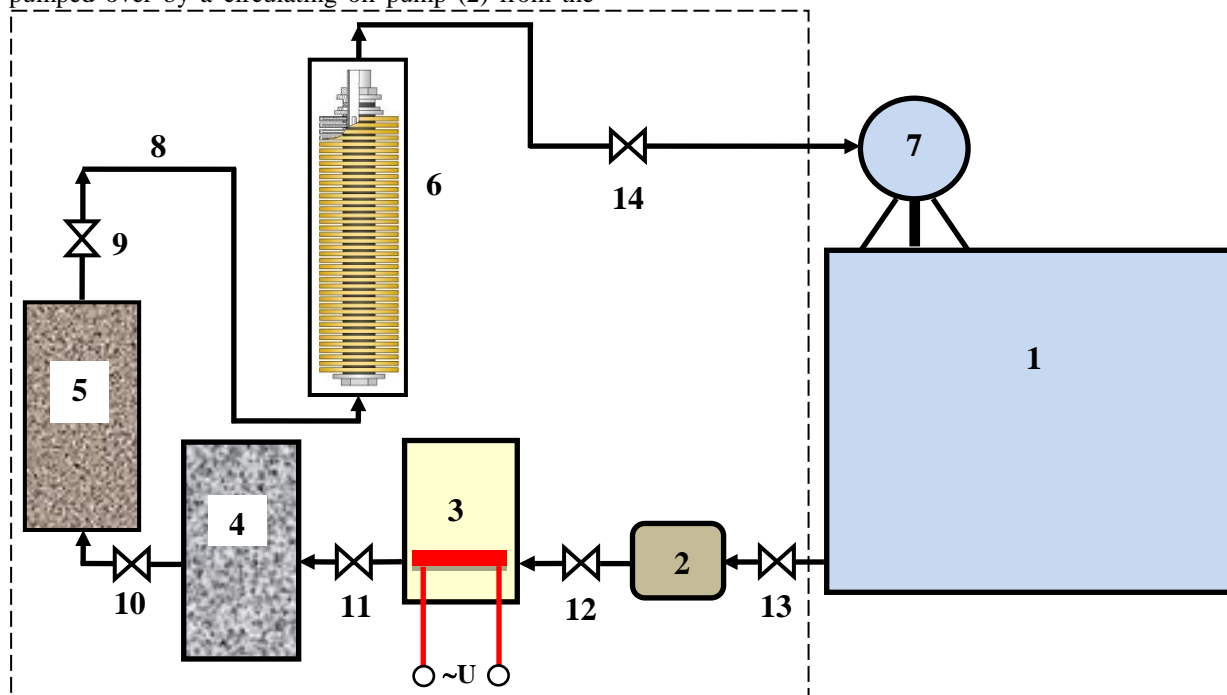


Figure 3. Schematic diagram of mobile installation:

1 – power transformer; 2 – circulating oil pump; 3 – oil electric heater; 4 – adsorbent (silica gel); 5 – adsorbent (zeolite); 6 – ceramic filter; 7 –; 8 – connecting pipeline; 9, 10, 11, 12, 13, 14 – locking valves;

Using of the adsorptive method with a combination of ceramic membranes for purification of the waste transformer oil from the emulsified water is the most effective, from the economic point of view.

Carrying out timely regeneration of the waste transformer oil will allow increasing energy efficiency and reliability of working of the power oil transformer with long exploitation.

### References

1. Bogachkov I.M., Savinih YU.A. Regeneratsiya transformatornogo masla vrashayushimmsya magnitnim polem. Nauchno-tehnicheskij jurnal "Geologiya, geografiya i globalnaya energiya", 2010 g., №3 (38), str. 79-80.
2. M.A. Suslin, V.A. Tetushin, V.N. Chernihsev, D.A. Dmitriev // Mikrovolnovoy termovlagometricheskij metod kontrolya organicheskikh soedineniy, Vestnik TGTU, 2004 g., Tom 10, №2. <http://cyberleninka.ru/article/n/mikrovolnovoy-termovlagometricheskij-metod-kontrolya-organicheskikh-soedineniy>
3. Pankaj Shukla, Y.R. Sood, R.K. Jarial. Experimental Evaluation of Water Content In Transformer Oil

// International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Vol. 2, Issue 1, January 2013. Pages 284-291.

4. G.V. Popov. Voprosi diagnostiki silovih transformatorov //FGBOUVPO "Ivanovskiy gosudarstvenniy energeticheskij universitet". – Ivanovo, 2012 g., - 176 str.

5. T. Toudja, A. Nacer, H. Moulai, I. Khelfane, A. Debche. Physico-chemical properties of transformer mineral oils submitted to moisture and electrical discharges// International Conference on Renewable Energies and Power Quality. Santiago de Compostela (Spain), 28 th to 30 th March, 2012. <http://www.icrepq.com/icrepq'12/538-toudja.pdf>

6. B.I. Nevzlin i drugiye. Sposob podderjaniya visokogo urovnya electriceskoy prochnosti transformatornogo masla // ISSN 1993-9981 Metodi ta priladi kontrolya yakosti, №26, 2011 g., str. 49-50.

7. A.V. Koval i drugiye. Vliyanie nekotoryh faktorov na ekspluatatsionniye svoystva transformatornogo masla // Problemi energetiki, №1-2, 2005 g., str.100-104.

8. Shuvarin D.V. Noviyе tehnologii ochistke i regeneratsii energeticheskikh масел. [http://www.sibdiag.ru/2015/presentation/2\\_11.pdf](http://www.sibdiag.ru/2015/presentation/2_11.pdf)
9. Bogachkov I.M., Savinich YU.A. Sposob ochistki transformatornogo masla // Jurnal «Neft i gaz», №1, 2011 g. - str. 87-91.
10. Gorbunov N.I. i drugiye. Povisheniye effektivnosti regeneratsii otrabotannogo masla // Visnik SevNTU: zb, nauk. pr. Vip. 122/2011. -str.159-162.
11. Salikhov T.P., Kan V.V., Askarov SH.SH., Yusupov D.T. Economic aspects of transformer oil regeneration // Uzbek journal of the Problems of informatics and energetics. #3-4, 2014, pages 85-89.
12. GOST 6370-83. Neft, nefteprodukti i prisadki. Metod opredeleniya mehanicheskikh primesey. – Moskva: Izdatelstva standartov. 1983, 7 str.
13. Instruction. Exploitation of transformer oil. Normative document RH 34-301-633:2011.
14. Kan V.V., Yusupov D.T. Cleaning of oil transformers with use mobile equipments on the basis of ceramic membranes // Uzbek journal of the Problems of informatics and energetics. #6, 2014 pages 85-89.
15. Yusupov D.T. Circulating way of cleaning of cellulose isolation of power oil transformers// European Applied Science, #12, 2015, pages 53-56.

УДК 536.24:533.6.011

*С.І. Трубачев, О.В. Баранюк, В.С. Мельник*

**СТРУКТУРА ПОТОКУ ПРИ ТЕЧІЇ В СЕРЕДІНІ ГВИНТОПОДІБНОЇ ТРУБИ**

*S. I. Trubachev, A. V. Baranyuk, V. S. Melnik*

**СТРУКТУРА ПОТОКА ПРИ ТЕЧЕНИЯ В СЕРЕДИНЕ ВИНТООБРАЗНОЙ ТРУБЫ**

*S. Trubachev, A. Baranyuk, V. Melnik*

**STRUCTURE OF FLOW FLOW IN**

Проведено дослідження структури течії та полів осередненої швидкості при течії повітряного потоку в середині латунної гвинтоподібної труби з рівнорозвиненою поверхнею засобами CFD-моделювання. Метою роботи є визначення оптимальних геометричних характеристик гвинтоподібних труб, які плануються використати для створення теплообмінного апарату. Верифікації даних CFD-моделювання здійснювалася за допомогою співставлення з тестовою задачею відомою з літератури.

Ключові слова: теплообмін, гвинтоподібна труба, рівнорозвинена поверхня, вимушена конвекція.

Проведено исследование структуры течения и полей осреднения скорости при течении воздушного потока внутри латунной винтообразной трубы с равноразвитой поверхностью средствами CFD-моделирования. Целью работы является определение оптимальных геометрических характеристик винтовых труб, которые планируется использовать для создания теплообменного аппарата. Верификации данных CFD-моделирования осуществлялась с помощью сопоставления с тестовой задачей известной из литературы.

Ключевые слова: теплообмен, винтообразная труба, равноразвитая поверхность, вынужденная конвекция.

**1. Вступ**

На сьогоднішній день існує необхідність поліпшення роботи газотранспортної системи України за допомогою застосування повітрянагрівачів (регенераторів) для утилізації теплоти відпрацьованих в турбіні газів. В той же час регенератори при сьогоднішньому рівні їх використання є громіздкими і металоємними, часто мають низьку експлуатаційну надійність. Тому створення нових ГТУ з високими техніко-економічними показниками і модернізація існуючих неможливо без використання в їх конструкціях надійних і ефективних поверхонь теплообміну. Таким вимогам відповідають розроблені нові поверхні – гвинтоподібні труби з рівнорозвиненою поверхнею.

Гвинтоподібні теплообмінні труби з рівнорозвиненою поверхнею, що пропонуються, не мають аналогів у світі, всебічно досліджувались авторами [1-3]. Їхня конструкція дозволяє одночасно суттєво збільшити як зовнішню, так і внутрішню поверхню теплообміну (в 1,15-1,4 рази). Завдяки гвинтоподі-

бним виступам-впадинам, які послідовно чергуються з заданою висотою-глибиною та кроком, вони спричиняють додаткову турбулізацію приміжового шару [3]. За рахунок закрутки внутрішнього та зовнішнього потоків і різкої зміни швидкості потоку при омиванні поверхні відбувається одночасне збільшення інтенсивності внутрішнього і зовнішнього теплообміну в залежності від геометричних характеристик труб та кроків між ними у 1,5-2,5 та 1,1-1,3 рази відповідно. За рахунок цього коефіцієнт теплопередавання збільшується на 25-70% в порівнянні з трубами круглого перерізу.

Технологію отримання гвинтоподібних профілів на трубках, що базується на використанні трьох роликів обкатної головки сумісно з одно роликовою обкатною головкою розроблено в ММІ КПІ ім. Ігоря Сікорського [4].

Досліджені авторами [1-3] гвинтоподібні труби мали зовнішній діаметр 36 мм і невеликі кроки між впадинами та виступами (8-12 мм) при висотах впадин чи виступів (4-5 мм). Вказаний діапазон досить вузький, тому з метою створення умов



широкого застосування гвинтоподібних труб з рівнорозвиненою поверхнею труб в промисловості його потрібно розширити, що є можливим завдяки тому, що розроблена нова технологія [5] дозволяє

отримати латунні трубки діаметром 16 мм з однозахідним гвинтоподібним профілем великої довжини – більше 2 м (рис.1).

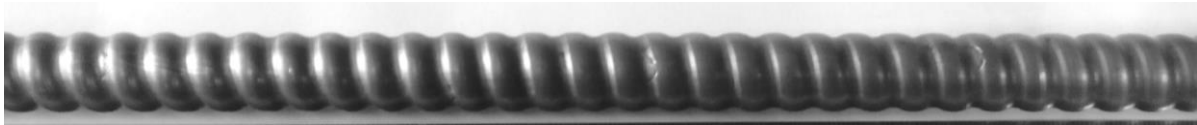


Рис.1 – Фотографія довгомірної гвинтоподібної трубки (діаметр 16 мм, крок 8мм), виготовленої за один прохід.

Отримані результати в майбутньому дозволять визначити їх міцності і тріщино-стійкостні характеристики при дії внутрішнього тиску та створити нові технології масового виробництва труб гвинтоподібного профілю з рівнорозвиненою поверхнею, яке на даний час в Україні відсутнє. Ця технологія буде сприяти забезпеченню потреб ринку України в теплообмінниках різного типу і призначення.

## 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

### 3. Мета і завдання дослідження

Матеріал статті присвячений аналізу течії в середині гвинтоподібної труби поверхня якої побудована за однозахідною гвинтовою лінією при неізо-термічних умовах. Метою роботи є визначення оптимальних геометричних характеристик гвинтоподібних труб, які планується використати для створення теплообмінного апарату. Основними геометричними параметрами, які впливають на конфігурацію зовнішньої поверхні труби є крок і висота виступів-впадин гвинтової лінії. Аналіз проводився при змінному крокові гвинтової лінії, що становив 8, 12 і 20 мм. В усіх трьох досліджених типорозмірів висота виступів-впадин гвинтової лінії залишалась не змінною і становила 2,5 мм. Значення вибраних параметрів для аналізу продиктовано технологічними складностями, що пов'язані з можливостями технології трьохроликового обкочування, яка застосовується при виготовленні труби. Отже, визначення оптимальних геометричних характеристик гвинтоподібних труб зводиться до пошуку оптимального кроку гвинтової лінії. Висновок про оптимальність кроку буде поставлений за умови максимальної теплової потужності, що здатна розсіяти гвинтоподібна труба при всіх інших однакових умовах.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

- розробити CFD-модель гвинтоподібної труби з рівнорозвиненою поверхнею;
- провести тестові розрахунки і обчислення теплоаеродинамічних характеристик дослідних гвинтоподібних труб;
- проаналізувати за допомогою CFD-моделі характеристики міцності таких труб.

## 4. Методи дослідження структури течії в середині гвинтоподібної труби

Приведений нижче аналіз виконувався за допомогою розроблених скінченно-елементних CFD-моделей гвинтоподібних труб в середовищі програмного комплексу ANSYS-Fluent. Поставлена задача вирішувалась в стаціонарній постановці з дотриманням вимоги досягнення незалежності рішення від щільності розрахункової сітки. При моделюванні для всіх типорозмірів вибирались незмінними наступні граничні умови:

- температура потоку на вході в гвинтоподібну трубу  $t_{вх} = 26 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- температура стінки труби  $t_{ст} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- витрата повітря через трубу, яка в представленому обчислювальному експерименті вибиралась рівною  $9 \cdot 10^{-4}$ ,  $9 \cdot 10^{-3}$ ,  $3 \cdot 10^{-2}$  кг/с.

Зовнішній вигляд фрагмента скінченно-елементних сіток досліджених типорозмірів труб приведений на рис. 2.

Система рівнянь, що описують процеси перенесення імпульсу та теплоти всередині досліджуваних труб, включає рівняння нерозривності, руху і енергії в формі Рейнольдса наступного виду:

$$\frac{\partial \bar{U}_j}{\partial x_j} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{U}_i}{\partial \tau} + \bar{U}_j \frac{\partial \bar{U}_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ (\nu + \nu_T) \left( \frac{\partial \bar{U}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{U}_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \delta_{ij} E \right], \quad (2)$$

$$\frac{\partial \bar{t}}{\partial \tau} + \bar{U}_j \frac{\partial \bar{t}}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \frac{\nu}{Pr} + \frac{\nu_T}{Pr_T} \right) \frac{\partial \bar{t}}{\partial x_j} \right]. \quad (3)$$

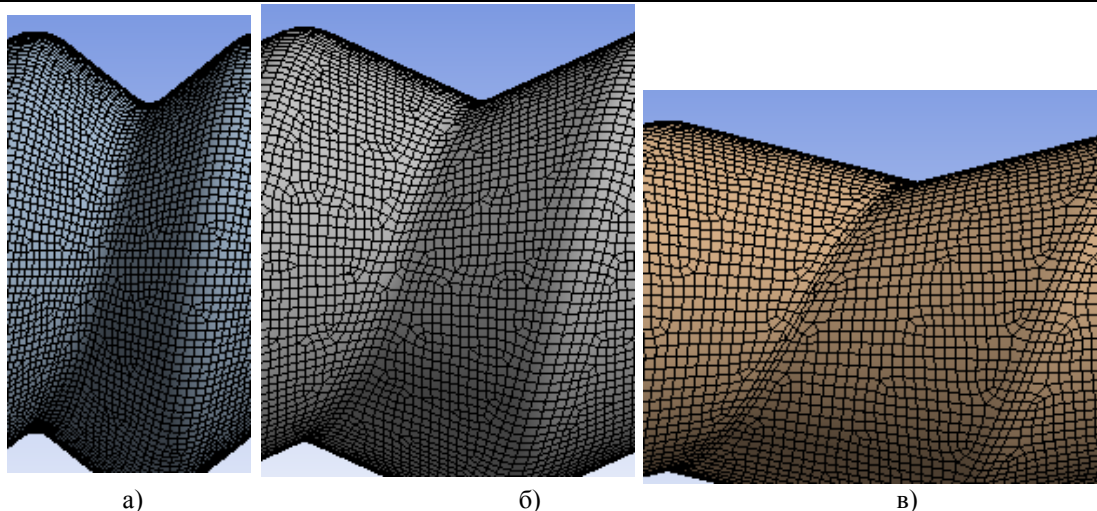


Рисунок – 2. Скінченно-елементна сітка моделі гвинтоподібної труби з кроком гвинтової лінії 8 мм (а), 12 мм (б) і 20 мм (в)

Припускаючи складний характер течії в даному об'єкті, що поєднує особливості, характерні як для пристінкових, так і для вільних зсувних течій, з метою замикання базової системи рівнянь (1) - (3) використовувалася RSM модель рейнольдсових напружень. Турбулентний число Прандтля для розглянутих умов приймалося рівним 0,9.

Чисельне рішення системи базових і модельних рівнянь ґрунтувалося на неявному звичайно-об'ємному підході з використанням процедури корекції тиску COUPED. Розрахункова область покривалася нерівномірною, зі згущенням до стінок каналу тетраедричною сіткою. Розмір мінімального кроку вузлів сітки вибирався відповідно до рекомендацій [6]. Максимальна кількість осередків, необхідне для дискретизації розрахункової області, склало ~ 4 млн. Для всіх рівнянь системи критерій збіжності рішення становив  $10^{-5}$ .

## 5. Результати дослідження структури течії в середині гвинтоподібної труби

### 5.1 Верифікація CFD-моделі

Перед початком основних досліджень з CFD-моделлю гвинтоподібної труби, проводилось дослідження CFD-моделі гладкої циліндричної труби внутрішнім діаметром і довжиною (16 мм і 500 мм відповідно), що співпадають з дослідженими моделями гвинтоподібної труби. Дослідження проводилось при зазначених у п. 4 граничних умовах, моделі турбулентності і при тій самій щільності розрахункової сітки.

Для порівняння результатів числового моделювання - інтенсивності теплообміну і аеродинамічного опору, при турбулентному режимі течії використовувались приведені в [7, 8] відомі розрахункові залежності:

$$Nu_{жс} = 0.021 Re_{жс}^{0.8} Pr_{жс}^{0.43} (Pr_{жс} / Pr_{см})^{0.25} \varepsilon_l, \quad (1)$$

$$\Delta p = \xi \frac{l}{d} \frac{\rho w^2}{2}, \quad (2)$$

де

$$\xi = \frac{0,31464}{Re_d^{0,25}}, \quad (3)$$

Поправка на початкову ділянку  $\varepsilon_l$ , вибиралась згідно рекомендацій [7].

Згідно оцінки по приведеним залежностям похибка розрахункових даних по теплообміну складає 1,2 %, а по аеродинамічному опору 5,8 %. Таким чином, можна зробити висновок, що розроблену CFD-модель можливо використовувати для розрахунку теплообміну і гідродинаміки гвинтоподібних труб.

Теплова потужність визначається програмно засобами ANSYS-Fluent (рис. 2), шляхом визначення ентальпії потоку на вході-виході з гвинтоподібної труби. На основі отриманих даних розраховувались безрозмірні дані щодо інтенсивності теплообміну та аеродинамічного опору приведені рис. 3, 4.

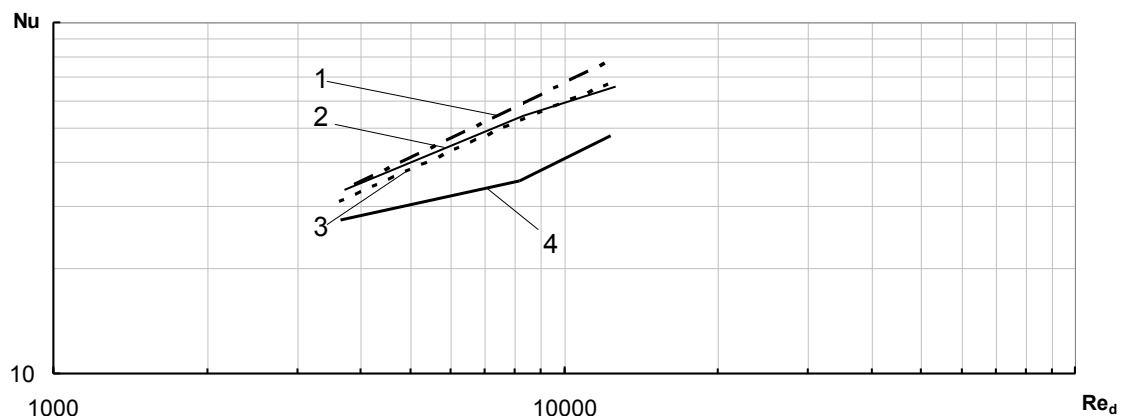


Рисунок – 3. Аналіз теплових характеристик гвинтоподібних труб

Аналіз рис. 3 свідчить, що при течії повітря в досліджених трубах спостерігався як турбулентний так і перехідний режим течії, про що свідчить характерний злам кривих при  $Re_d = (8-12) \cdot 10^3$ . Який в свою чергу підтверджує зростання інтенсивності теплообміну при турбулентному режимі течії. Результати порівняльного аналізу (рис. 3) також свідчать, що у випадку застосування гвинтоподібних труб інтенсивність теплообміну зростає майже на 50 % порівняно з гладкою циліндричною трубою тієї ж довжини і зовнішнього діаметру. Також можна констатувати, що серед досліджених типорозмірів гвинтоподібних труб найбільший тепловий

потік (19 Вт) здатна розсіяти труба, крок гвинтової лінії якої становить 8 мм. Для цієї труби також характерна більша поверхня теплообміну (на 3%), чим для всіх інших труб.

Зростання інтенсивності теплообміну нерозривно пов'язане з ростом аеродинамічного опору. Так для гвинтоподібної труби з кроком гвинтової лінії 8 мм, зростання інтенсивності теплообміну на 50 % супроводжується ростом аеродинамічного опору в 9...10 разів. При цьому необхідно відмітити, що гвинтоподібна труба крок гвинтової лінії якої становить 20 мм, яка здатна підвищити інтенсивність теплообміну на 30 % при одночасному зростанні аеродинамічного опору в 5...6 разів.

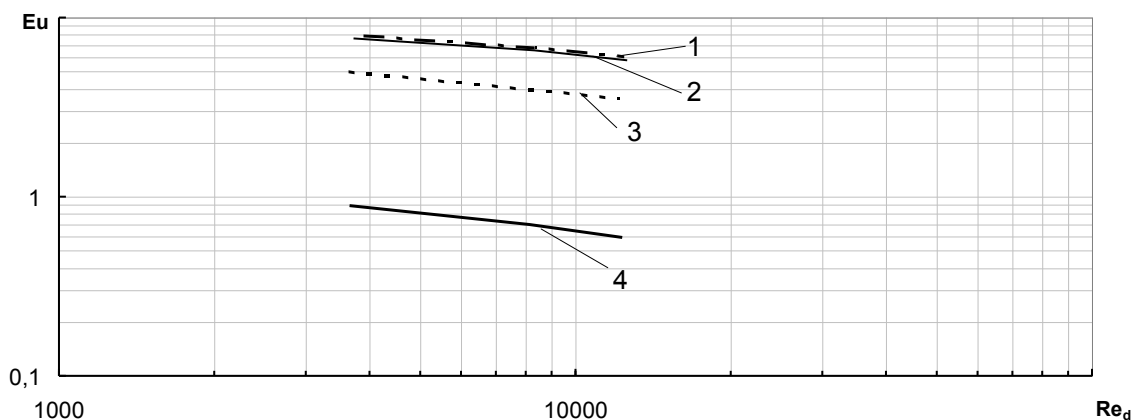


Рисунок – 4. Аеродинамічний опір гвинтоподібних труб

Автори пов'язують таке значення опору збільшення місцевих опорів, тобто з більшою кількістю витків на заданій довжині. Тому глибина виступів-впадин 2,5 мм на гвинтоподібній поверхні є за великою, бажано було б її зменшити до 1...1,5 мм, як рекомендують автори роботи [9].

Далі приведені результати аналізу структури потоку в середині гвинтоподібних труб. Під терміном "структура потоку" слід розуміти сукупність розподілу швидкостей, температур, векторів середньої та тангенційної швидкості, а також ліній току в середині досліджуваних гвинтоподібних труб. За допомогою застосування CFD-методів вище перераховані розподіли визначаються в об'ємі гвинтоподібної труби. Матеріал приведений нижче дозво-

лить більш повно дослідити гідродинамічну картину течії в дослідних гвинтоподібних трубах і відтворити схему течії потоку в середині труби, що дозволить пояснити за рахунок яких процесів відбувається зростання тепловіддачі.

При конструюванні форми гвинтоподібної труби виводилось припущення про те, що інтенсивність тепловіддачі буде підвищуватися за рахунок вихроутворення у виступах-впадинах гвинтоподібної труби, тому результати числового дослідження структури потоку в гвинтоподібних трубах, які отримані для фіксованого числа Рейнольдса  $Re = 3,5 \cdot 10^3$ , що відповідає середньовитратній швидкості потоку 4 м/с, представлені в площині яка перетинає твірну витка (рис. 5).

Як свідчить рис. 5 поле температур досить однорідне – не спостерігається значних за площею зон з пониженою температурою які виникали б в наслідок утворених застійних зон. Аналіз даних рис. 5 також свідчить, що лінії току потоку перекручуються між собою створюючи геометричну фігуру на зразок спіралі. У виступах-впадинах гвинтоподібної труби взаємодія вихорового джгута і не закрученого ядра потоку призводить до створення тривимірного вихору, який обертається проти часової стрілки і переміщується вздовж вісі труби.

Аналіз даних рис. 5 також свідчить про те, що утворений вихоровий джгут зміщується як вглиб впадини так і до її стінки в напрямку руху основного потоку. При чому масштаб вихору значно менший чим ширина виступу-впадини поверхні гвинтової труби, що призводить до збільшення локальних швидкостей потоку поблизу стінки труби. Вказана обставина дозволяє організувати доступ

холодного теплоносія до нагрітої стінки теплообмінної поверхні, що позитивно відображається тепло передавальних характеристиках гвинтоподібної труби в цілому.

Приведені вище висновки щодо розвитку течії в об'ємі гвинтоподібної труби поверхня якої має крок гвинтової лінії  $t = 8$  мм справедливі для труб, крок гвинтової лінії яких складає 12 і 20 мм (рис. 6 і 7). Відмінності починаються в масштабі і розташуванні вихорового джгута у виступах-впадинах гвинтоподібної поверхні труби.

Так у гвинтоподібної труби поверхня якої має крок гвинтової лінії  $t = 12$  мм, вихор, що утворюється у впадинах-виступах гвинтоподібних труб зміщується до їх вершини і має масштаб близький до радіуса заокруглення при вершині виступу-впадини гвинтоподібної поверхні. Потік вільно потрапляє в простір впадини і контактує з нагрітою стінкою.

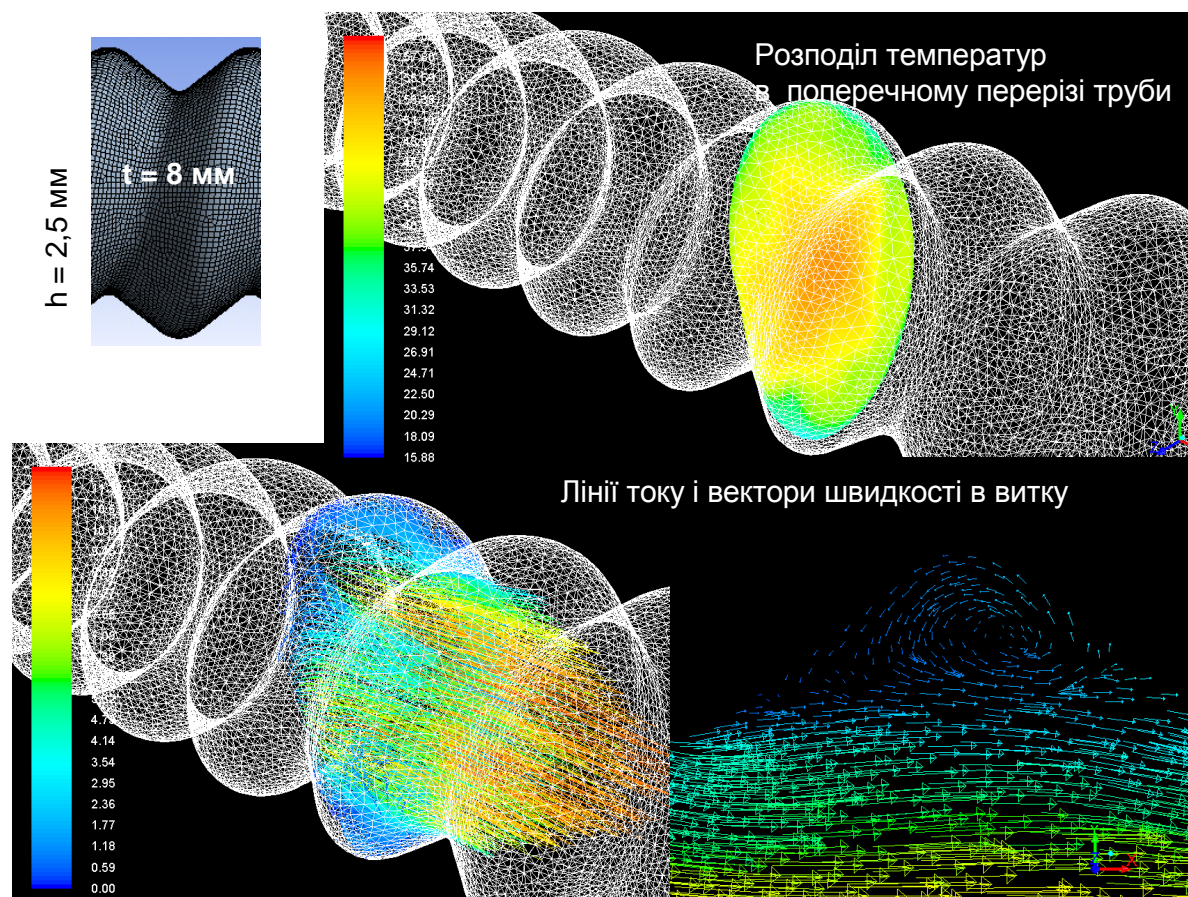


Рисунок 5 – Розподіл температур і середніх швидкостей в центральному поперечному перерізі гвинтоподібної труби, а також векторів осередненої швидкості в кутах виступів-впадин труби з кроком гвинтової лінії  $t = 8$  мм

Для гвинтоподібної труби з кроком гвинтової лінії  $t = 20$  мм, вихор, про який ішла мова не утворюється, а зростання інтенсивності тепловіддачі (порівняно з циліндричною трубою) пов'язано з створенням механізмів, які перешкоджають розвитку і майбутньому зімкненню примежових шарів, які розвиваються на стінках гвинтоподібної труби. Це призводить до зменшення термічного опору тепловіддачі і покращенню теплових характеристик труби в цілому.

Вказана вище обставина, щодо трансформації структури потоку внаслідок збільшення кроку гвинтової лінії яка формує форму труби, свідчить про зменшення аеродинамічного опору. Дійсно, для гвинтоподібних труб з кроками гвинтової лінії 8, 12 і 20 мм для досягнення середновитратної швидкості 4 м/с потрібно забезпечити перепад тиску відповідно 124, 78 і 54 Па. Забігаючи вперед, необхідно констатувати, що гладка циліндрична труба з тим же внутрішнім діаметром має опір 14 Па.



Отримана ситуація є досить не однозначною – з одного боку гвинтоподібні труби здатні розсіяти суттєво більший тепловий потік ніж гладкі циліндричні, з другого боку володіють високим аеродинамічним опором. Такий результат має просте пояснення – течія в таких трубах зазначеної довжини 500 мм характерна для початкової ділянки. Згідно відомих літературних даних для циліндричної труби, довжина ділянки гідродинамічної стабілізації визначається з умови  $L = 50d$ , де  $d$  – внутрішній діаметр труби. У випадку дослідженої в роботі циліндричної труби маємо стабілізовану течію – тим і пояснюється значення її аеродинамічного опору.

Підсумовуючи вище сказане, можна констатувати, що форма гвинтоподібної труби дозволяє організувати рух теплоносія вздовж гвинтової лінії, при одночасному перемішуванні як пристінних шарів так і ядра потоку, що в цілому призводить до значного підвищення інтенсивності тепловіддачі порівняно з гладкою циліндричною трубою того ж діаметру. Гвинтоподібні труби здатні відвести майже в 2-ва рази більший тепловий потік, ніж гладка труба. Але володіють в 6...10 раз більшим аеродинамічним опором. При чому, на зростання інтенсивності тепловіддачі впливає тільки можливість організації руху вздовж гвинтової лінії – зміна

кроку суттєвого підвищення теплового потоку, що розсіюється не викликає.

Окрім теплових характеристик розроблена CFD-модель здатна визначити характеристики міцності. В якості цих характеристик вибрано значення розподілу напружень і переміщень матеріалу стінок труби внаслідок дії температур потоку і тиску на стінку.

Результати обчислення розподілу напружень і переміщень моделі гвинтоподібної труби з кроком гвинтової лінії 12 мм представлені на рис. 6. Для всіх інших досліджених форм поверхні гвинтоподібних труб (кроки гвинтової лінії яких становлять 8 і 20 мм) рівень напруг і переміщень майже не відрізняється, тому з метою запобігання перевантаження тексту вони не приводяться.

Аналіз рис. 6 свідчить про те, що для значення перепаду тиску 74 Па, при середній температурі стінки 48 °С спостерігається найбільше переміщення матеріалу стінок моделі в  $5 \cdot 10^{-6}$  мм. Це відповідає напруженню 1300 Па.

Для порівняння в гладкій циліндричній трубі (рис. 7), напруження, що виникає внаслідок дії надлишкового внутрішнього тиску становить 480 Па.

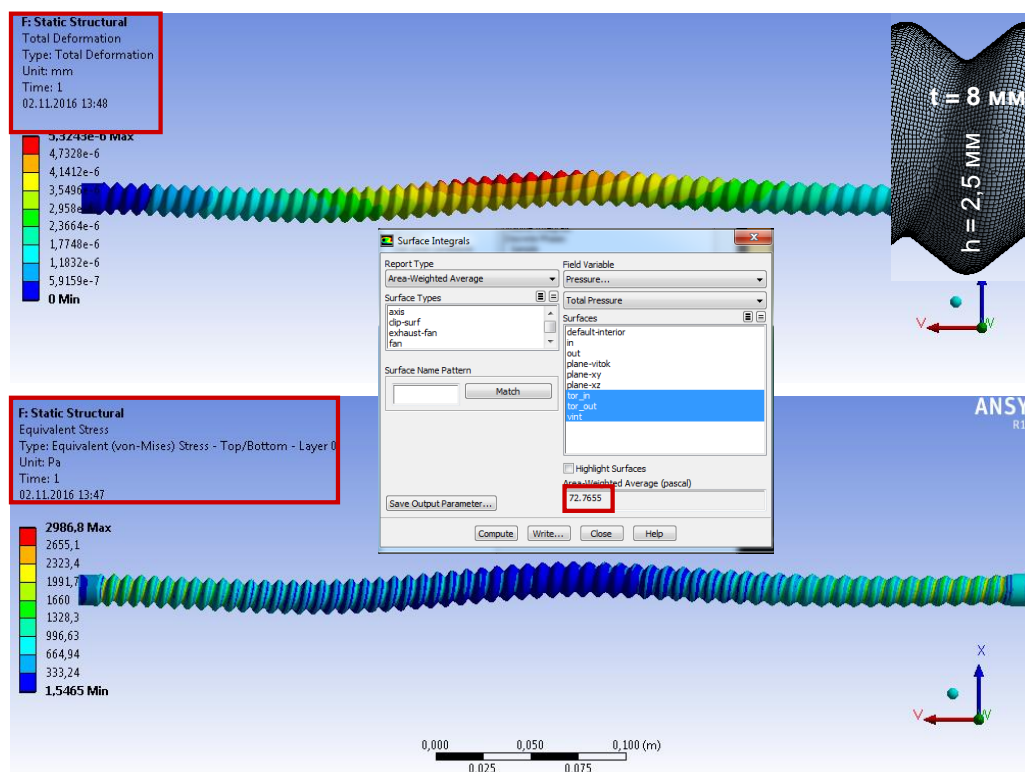


Рисунок 6 – Розподіл напружень і переміщень матеріалу стінок CFD-моделі гвинтоподібної труби з кроком гвинтової лінії  $t = 12$  мм

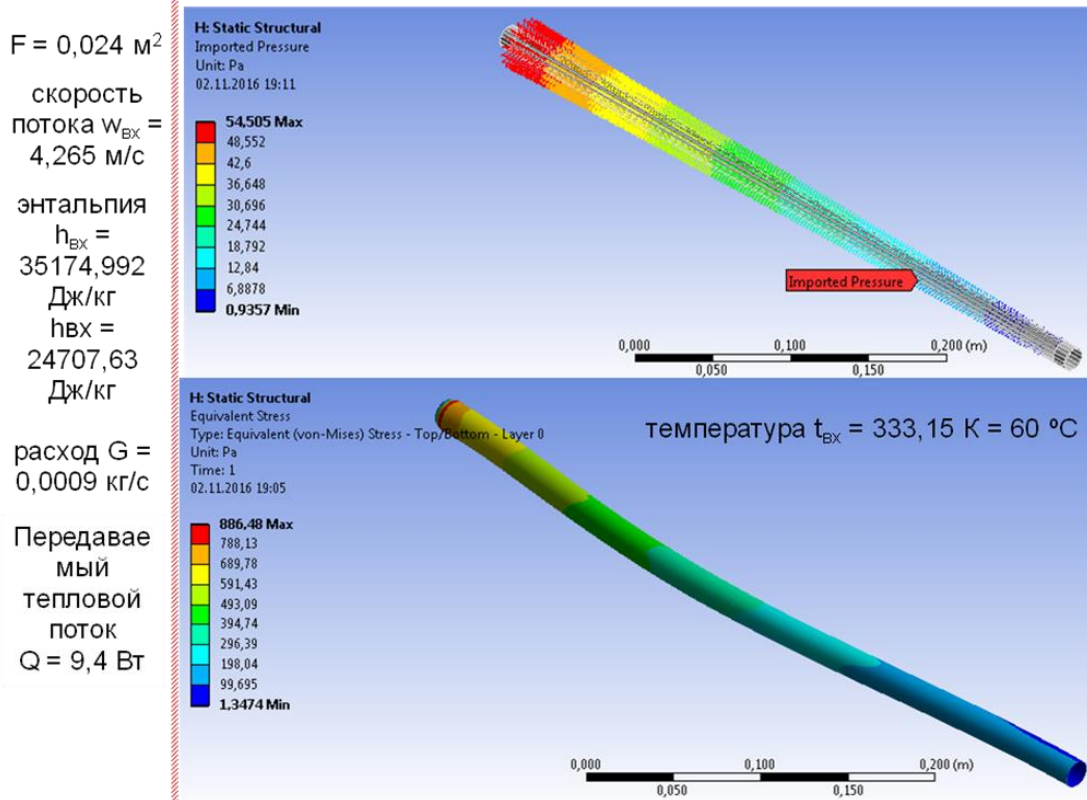


Рисунок 7 – Розподіл напруг і переміщень матеріалу стінок CFD-моделі гладкої циліндричної труби

Розглянемо аналітичний розв'язок задачі для гладкої циліндричної труби, як тонкостінної оболонки.

Позначимо радіус кривини вздовж меридіального напрямку  $\rho_m$ , радіус кривини радіального перетину  $\rho$ , товщина оболонки  $\delta$ ,  $P$  – внутрішній тиск

Внаслідок симетрії самої оболонки та навантажень в меридіальних перетинах діють тільки нормальні розтягуючі напруження  $\sigma_t$ , які назвемо коловими. В колових перерізах мають також місце нормальні напруження  $\sigma_m$  – меридіональні.

З рівняння Лапласа:

$$\frac{\sigma_t}{\rho_t} + \frac{\sigma_m}{\rho_m} = \frac{P}{\delta}, \quad (4)$$

отримаємо:

$$\frac{\sigma_t}{\rho_t} = \frac{P}{\delta}, \text{ звідки: } \sigma_t = \frac{P \cdot R}{\delta} \quad (5)$$

Для визначення  $\sigma_m$  відсікаємо поперечним перерізом частину труби та складаємо рівняння рівноваги:

$$P \cdot \pi \cdot R^2 - \sigma_m \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot \delta = 0, \quad (6)$$

звідки

$$\sigma_m = \frac{P \cdot R}{2 \cdot \delta} \quad (7)$$

Меридіальні  $\sigma_m$  та  $\sigma_t$  напруження в такій трубці сталі. Порівнюючи  $\sigma_m$  та  $\sigma_t$  помічаємо, що  $\sigma_t$  в два рази більше за  $\sigma_m$ , тому руйнування буде твірної.

Перевірку на міцність можна провести за енергетичної теорії міцності (теорія Мізеса):

$$\sigma_P^{IV} = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_m^2 - \sigma_t \cdot \sigma_m} \leq [\sigma] \quad (8)$$

При порівнянні результатів розрахунку за формулою (8) та з чисельними результатами, одержаними за допомогою програмного комплексу ANSYS максимальна похибка не перевищила 3,5%.

## 6. Висновки

Використані в роботі методи CFD моделювання дозволили досягти поставленої мети. А саме: проаналізувати характерні гідродинамічні області, що дозволяють пояснити механізм інтенсифікації теплообміну в середині гвинтоподібної труби. Основні висновки по проведеній роботі наступні:

1. Вирішення тестової задачі у вигляді прогнозування течії в гладкій циліндричній трубі показало, що перепад тиску визначений за розрахунковими емпіричними залежностями з урахуванням поправки на початкову гідродинамічну ділянку повністю збігається з даними CFD-моделювання.

2. В умовах забезпечення незмінної середньовитратної швидкості потоку, оптимальним кроком гвинтової лінії є крок 8 мм гвинтоподібні труби з при інших незмінних параметрах здатні розсіяти майже в два рази більшу кількість теплоти.

3. В двох досліджених типорозмірів гвинтоподібних труб (кроки гвинтової лінії 8 і 12 мм) зростання інтенсивності теплообміну на 44...50 % супроводжується ростом аеродинамічного опору в 9...10 разів.

4. Гвинтоподібна труба крок гвинтової лінії якої становить 20 мм, здатна підвищити інтенсивність теплообміну на 30 % при одночасному зростанні аеродинамічного опору в 5...6 разів.

5. На основі даних CFD-моделювання спостерігається найбільше переміщення матеріалу стінок моделі в  $5 \cdot 10^{-6}$  мм. В гвинтоподібних трубах це відповідає напрузі 1300 Па, тоді як для циліндричної труби

Оцінюючи проведену роботу, можна стверджувати, що результат є попереднім, тобто не враховує тепловіддачу з зовнішньої поверхні і не розкриває усі можливості рівнорозвиненої гвинтоподібної поверхні тому для отримання висновку щодо професійної придатності гвинтоподібних труб з рівнорозвиненою поверхнею потрібні додаткові експерименти.

## Література

1. Pis'mennyi E.N. Ways for Improving the Tubular Heaters Used in Gas Turbine Units [Text] / E.N. Pis'mennyi. // Thermal Engineering. – 2012. – Vol. 59. №6. – P. 485-490.
2. Письменный С.М. Теплообмін пучків труб з рівнорозвиненою поверхнею [Текст] / С.М. Письменный, В.А. Рогачов, О.М. Терех, В.І. Коншин, Д.С. Омельчук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №1/8 (61). – С. 29–33.
3. Рева С.А. Теплообмін малорядних пучків гвинтоподібних труб [Текст] / С.А. Рева, В.А. Рогачов, О.М. Терех, О.В. Алфьорова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №3/8 (63). С. 54-56.
4. Пат 102107 UA, Опубл. 12.10.2015

5. Маковой В.О. Особливості профілювання одно- та трьохзахідних гвинтоподібних труб [Текст] / Маковой В. О., Проценко П. Ю. // Вестник Национального технического университета "ХПИ". – 2013. – №43(1016). – С.153-162.

6. Быстров, Ю. А. Численное моделирование вихревой интенсификации теплообмена в пакетах труб [Текст] / Ю. А. Быстров, С. А. Исаев, Н. А. Кудрявцев, А. И. Леонтьев. – С-Пб.: Судостроение, 2005. – 392 с.

7. Исаченко В.П. Теплопередача [Текст] / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел - Москва: Энергия, 1975. - 199 с

8. Чугаев Р.Р. Гидравлика [Текст] / Р.Р. Чугаев - Л.: Энергия, 1970. - 552 с.

9. Калинин Э.К. Эффективные поверхности теплообмена [Текст] / Э.К. Калинин, Г.А. Дрейцер, И.З. Копп, А.С. Мякочин. – Москва.: Энергоатомиздат, 1998. – 131с.

*A study of the structure and flow field velocity averaging flow at the air flow in the middle of brass spiral tube equal increased surface by means of CFD-modeling. The aim is to determine the optimal geometric characteristics of spiral pipes that will be used to generate heat exchanger. Data verification CFD-modeling was carried out using a comparison of the test object known from the literature.*

*Keywords: heat transfer, helical tube equal-increased surface, forced convection.*

## References

1. Pis'mennyi E.N. Ways for Improving the Tubular Heaters Used in Gas Turbine Units [Text] / E.N. Pis'mennyi. // Thermal Engineering. – 2012. – Vol. 59. №6. – P. 485-490.
2. Pis'mennyi E.N. Teploobmin puchkiv pipes rivnorozvinoenoj s surface [Text] / E.N. Pis'mennyi, V.A. Rogachev, O.M. Terekh, V.I. Konshin, D.S. Omelchuk // Eastern European Journal of advanced technologies. - 2013. - №1 / 8 (61). - S. 29 -33.
3. Reva S.A. Teploobmin maloryadnih puchkiv gvintopodibnih pipes [Text] / S.A. Reva, V.A. Rogachev, O.M. Terekhov, O.V. Alforova // Eastern European Journal of advanced technologies. - 2013. - №3 / 8 (63). S. 54-56.
4. Пат 102107 UA, Опубл. 12.10.2015
5. Macovei V.O. Osoblivosti profilyuvannya one that trozhahidnih gvintopodibnih pipes [Text] / Macovei O., P. Protsenko Yu. // Bulletin of the National Technical University "KPI". - 2013. - №43 (1016). - S.153-162
6. Bystrov, Y. A. Numerical simulation of heat transfer enhancement in the vortex bags pipes [Text] / Y. A. Bystrov, S. A. Isaev, N. A. Kudryavtsev, A. I. Leontiev. – Saint-Petersburg.: Shipbuilding, 2005. – 392 p.
7. Isachenko V.P. Teploperedacha [Text] / V.P. Isachenko, V.A. Osipova, A.S. Sukomel – Moscow: Energy, 1975. – 199 p.
8. Chugayev R.R. Gidravlika [Text] / R.R. Chugayev – L.: Energy, 1970. – 552 p.

9. Kalinin E.K. Efficient heat exchange surface [Text] / E.K. Kalinin, G.A. Dreitser, I.Z. Kopp, A.S. Myakochin. – Moscow.: Energoatomisdat, 1998. – 131 p.

Трубачов Сергій Іванович

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра динаміки і міцності машин та опору матеріалів

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна 03056

**Відомості про наявність друкованих творів у загальнодержавних та міжнародних базах даних: 49**

**Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7349-9426>**

Контактний телефон (044) 204-97-87

Баранюк Олександр Володимирович

Кандидат технічних наук, старший викладач

Кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна 03056

**Відомості про наявність друкованих творів у загальнодержавних та міжнародних базах даних: 20**

**Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6008-6465>**

Контактний телефон (044) 204-98-79

Мельник Володимир Сергійович

Молодший науковий співробітник

Кафедра механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

пр. Перемоги, 37, г. Київ, Україна 03056

**Відомості про наявність друкованих творів у загальнодержавних та міжнародних базах даних: 4**

Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8488-678X>

Контактний телефон (096) 964-8913

Трубачов Сергей Иванович

Кандидат технических наук, доцент.

Кафедра динамики и прочности машин и сопротивления материалов

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

пр. Перемоги, 37, г. Київ, Україна 03056

**Сведения о наличии печатных произведений в общегосударственных и международных базах данных: 49**

**Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7349-9426>**

Контактный тел. (044) 204-97-87

Баранюк Александр Владимирович

Кандидат технических наук, старший преподаватель

Кафедра атомных электростанций и инженерной теплофизики

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

пр. Перемоги, 37, г. Київ, Україна 03056

**Сведения о наличии печатных произведений в общегосударственных и международных базах данных: 20**

**Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6008-6465>**

Контактный тел. (044) 204-97-87

Мельник Володимир Сергійович

Младший научный сотрудник

Кафедра механики пластичности материалов и ресурсосберегающих процессов

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

пр. Перемоги, 37, г. Київ, Україна 03056

**Сведения о наличии печатных произведений в общегосударственных и международных базах данных: 4**

Номер ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8488-678X>

Контактный тел. (096) 964-8913

Trubachov Sergey

PhD, associate professor

The department of dynamics and durability of machines and resistance of materials

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Pobedy ave, 37, Kiev, Ukraine 03056

For information about the availability of printed works in national and international databases: 49

Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7349-9426>

Tel. (044) 204-97-87

Baranyuk Alexandr

PhD, Senior Lecturer

Chair of nuclear power plants and engineering thermophysics

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Pobedy ave, 37, Kiev, Ukraine 03056

For information about the availability of printed works in national and international databases: 20

**Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6008-6465>**

Tel. (044) 204-97-87

Melnyk Volodymyr

Junior researcher

Department of Mechanics and Materials Plasticity resource processes

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Pobedy ave, 37, Kiev, Ukraine 03056

For information about the availability of printed works in national and international databases: 4

Number ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8488-678X>

Tel. (096) 964-8913



**Gaidaichuk V.V.**

Doctor of technical sciences, professor,  
Head of the department of Theoretical Mechanics  
Kyiv National University of Construction and Architecture

**Kotenko K.E.**

Post-graduate of the department of Theoretical Mechanics,  
Kyiv National University of Construction and Architecture

**Tkachenko I. A.**

Deputy General Director,  
International Exhibition Center

**Гайдайчук Віктор Васильович**

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри теоретичної механіки,  
Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури

**Котенко Костянтин Едуардович**

аспірант кафедри теоретичної механіки,  
Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури

**Ткаченко Іван Анатолійович**

заступник генерального директора,  
Міжнародний виставковий центр

**MATHEMATICAL METHOD OF DIAGNOSTIC TECHNICAL CONDITION OF THE LARGE-SCALE BUILDING STRUCTURE**  
**МАТЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВЕЛИКОРОЗМІРНОЇ БУДІВЕЛЬНОЇ СПОРУДИ**

**Summary:** Theoretical researches are performed and the analytical analysis of the problem of technical condition of building structures is resulted. The characteristic features of modern monitoring systems are formulated. The example of operating monitoring system is shown. Importance of using indicators of frequencies and forms of natural vibrations is noted. The finite element model of large-scale building structure is developed.

**Key words:** automated monitoring system, static monitoring, dynamic monitoring, frequencies and modes of vibrations, finite-element model.

**Анотація:** Виконано теоретичні дослідження та приведено аналітичний аналіз проблеми технічного стану будівельних споруд. Сформульовані характерні особливості сучасних моніторингових систем. Наведено приклад діючої моніторингової системи. Відмічена важливість використання показників частот і форм власних коливань. Розроблена скінченно-елементна модель великорозмірної будівельної споруди.

**Ключові слова:** автоматична система моніторингу, статичний моніторинг, динамічний моніторинг, частоти і форми власних коливань, скінченно-елементна модель.

**Постановка проблеми.** Нормативами безпеки відповідальних будівельних об'єктів багатьох країн регламентується виконання моніторингу технічного стану цих об'єктів. В Україні ці вимоги розповсюджуються на об'єкти п'ятої категорії складності, класів відповідальності СС2, СС3. [1, 2].

Разом з тим, сучасний стан цієї проблеми свідчить про відсутність типових універсальних моніторингових систем. Тому доводиться або застосовувати власні розробки, або користуватися розробками інших фірм, адаптуючи їх до нормативних умов. Наприклад, великорозмірна будівельна споруда Міжнародного виставкового центру, відповідно до якої виконуються наші дослідження, в 2012 р. була обладнана автоматизованою системою статичного моніторингу технічного стану її несучих

конструкцій, розробленої французькою компанією SOLDATA та Національним географічним інститутом Франції (IGN). Її принцип роботи ґрунтується на визначенні положень контролюємих точок спостереження з використанням технології лазерного наведення за допомогою високоточного геодезичного обладнання та пакету спеціального програмного забезпечення. Структура та взаємодія складових частин системи і комунікація з іншими системами приведена на рис. 1. Контроль виконується по 85 точкам спостереження, визначених на конструкціях споруди.

Ця система, не дивлячись на її прогресивність, відображає напружено-деформований стан лише окремих конструкцій і використовує показники статичних характеристик.

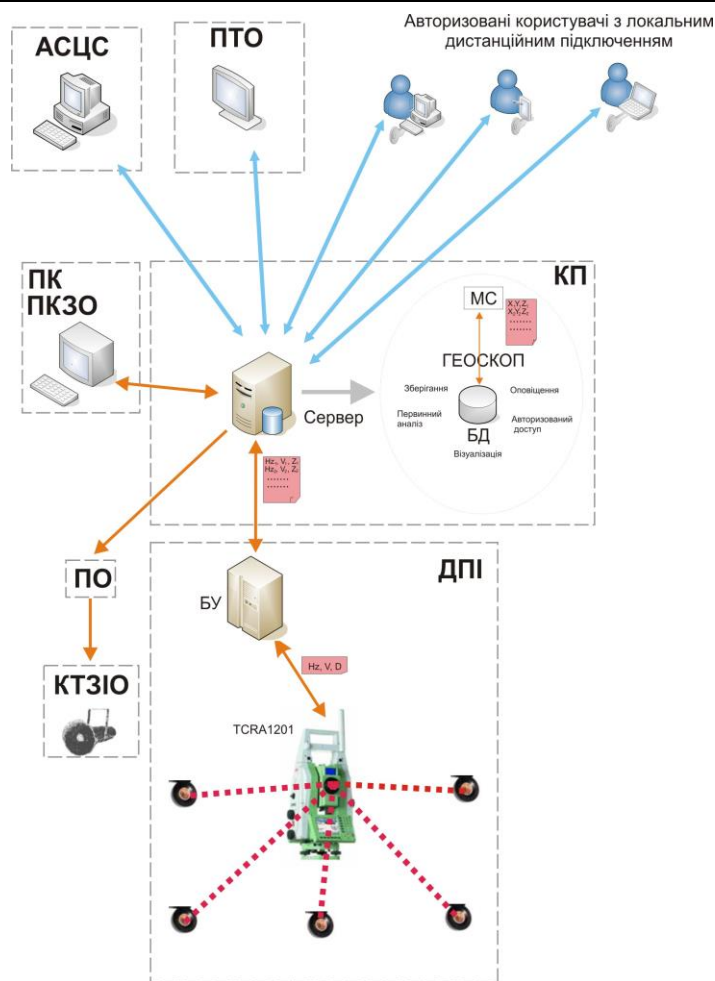


Рисунок 1. Структура та взаємодія складових частин АСМ з врахуванням вимог автоматизованих систем раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення (СРВНСО):

АСЦС- автоматизована система центрального спостереження,  
 ПТО- пульт технічного обслуговування, ПКЗО- пульт керування зональним оповіщенням, КП- комутаційний пристрій,  
 ТАСЦО- територіальна автоматизована система централізованого оповіщення,  
 ПО- пристрій оповіщення, КТЗІО- кінцеві технічні засоби, ДПІ- джерела первинної інформації, БУ- блок управління, ТСРА 1201-моторизований тахеометр

Відомо, що інструментальний моніторинг без опори на зіставлення з набором адаптуємих математичних моделей будівельних об'єктів має випадково-беззмістовний характер і не відображає реальність проблеми. Створені параметризовані моделі висотних будівельних комплексів підтверджують правильність такого підходу [3]. Іншим аспектом являється використання динамічних показників споруди (частот і форм власних коливань та логарифмічного декременту загасання коливань). Ці показники характеризують глобальний стан споруди і рекомендуються рядом провідних фахівців для широкого використання [4, 5, 6].

Специфіка великорозмірних будівельних споруд (спортивних комплексів, виставкових центрів, інфраструктури промислових об'єктів) потребує врахування цілого ряду інших факторів таких як: різновид конструкційних рішень, впливу технологічних процесів, що відбуваються в спорудах, зовнішні впливи навантажень, і тому значно відрізня-

ється від висотних будівель і споруд. Крім того, діапазон десяти перших власних частот таких споруд, що не перевищує в багатьох випадках 1 Гц, потребує додаткової перевірки ефективності використання динамічних показників.

Ще одна проблема полягає в складності відокремлення впливу випадкових фонових факторів так як вони часто знаходяться поряд з іншими об'єктами і їх висота не перевищує позначку +30 м.

**Цілі і методи роботи.** Основним завданням дослідження стало створення математичної моделі великорозмірної будівельної споруди для використання в системі моніторингу її технічного стану. Передбачалась перевірка адекватності створеної моделі та оцінка ефективності оцінки технічного стану будівельної споруди за показниками динамічних характеристик (частот і форм власних коливань).

Основними вимогами до розроблюваної моделі являлись максимально можливе відображення

технічного стану конструкцій та універсальність моделі.

Базовим методом створення математичної моделі являвся метод скінченних елементів.

Загальна схема моделюємої споруди приведена на рис.2

**Дослідження та отримані результати.** Скінченно-елементна модель будівлі передбачала можливість розрахунку її напружено-деформованого стану, стійкості і динаміки при найбільш несприятливих сполученнях розрахункових навантажень (табл.1, табл.2).

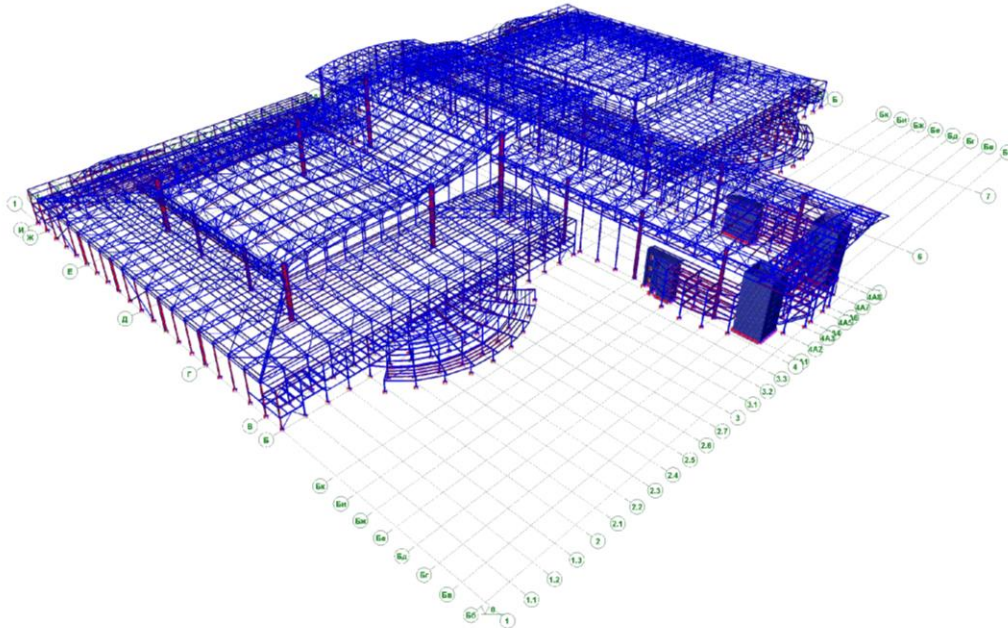


Рисунок 2. Загальна схема моделюємої великорозмірної споруди

Розрахунки велись за допомогою програмного комплексу Femap with NX

Nastran. Використовувався чисельний метод розв'язку диференціальних рівнянь – метод скінченних елементів. В якості основних невідомих приймалися: пере

Таблиця 1.

**Навантаження в скінченно-елементній моделі**

Номер навантаження в моделі	Навантаження
L1	Власна вага
L2	Власна вага огорожуючи конструкцій (покриття, стінового огородження)
L3	Технологічне (вага стаціонарного обладнання)
L4	Корисна (вага людей та обладнання в зонах обслуговування покрівлі)
L5	Снігове
L6	Вітрове по осі X
L7	Вітрове проти осі X
L8	Вітрове проти осі Y
L9	Вітрове по осі Y

міщення та повороти вузлів розрахункової схеми. Тип скінченного елемента визначався його геометричною формою, правилами, що визначають

залежність між переміщеннями вузлів даного елемента та вузлами системи, фізичними законами, ви-

значаючими залежність між внутрішніми зусиллями та внутрішніми переміщеннями, набором параметрів (жорсткостей), що входять в опис даного

закону. У зв'язку з цим конструкція задавалась у вигляді придатному до цього методу.

Таблиця 2.

Сполучення навантажень

Номер сполучення навантаження в моделі	Сполучення (комбінація) навантажень	Коефіцієнт $\gamma_n$
C1	1.0x(L1)+1.0(L2)+0.95(L3)+0.9(L5)+0.9(L6)	
C2	1.0x(L1)+1.0(L2)+0.95(L3)+0.9(L5)+0.9(L7)	
C3	1.0x(L1)+1.0(L2)+0.95(L3)+0.9(L5)+0.9(L8)	
C4	1.0x(L1)+1.0(L2)+0.95(L3)+0.9(L5)+0.9(L9)	
C5	C1*1.25	1.25
C6	C2*1.25	1.25
C7	C3*1.25	1.25
C8	C4*1.25	1.25

На рис. 3 наведені складні перетини окремих елементів, їх геометричні і фізичні характеристики, що були застосовані в скінченно-елементній моделі.

Аналіз пружного деформування конструкції на кожному кроці реалізується розв'язанням системи лінеаризованих алгебраїчних рівнянь для скінчено-елементної моделі [7-10]

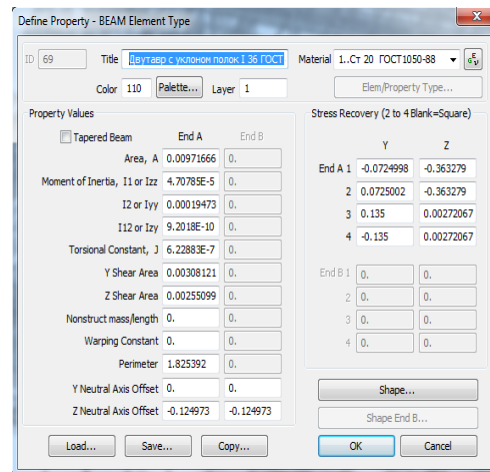
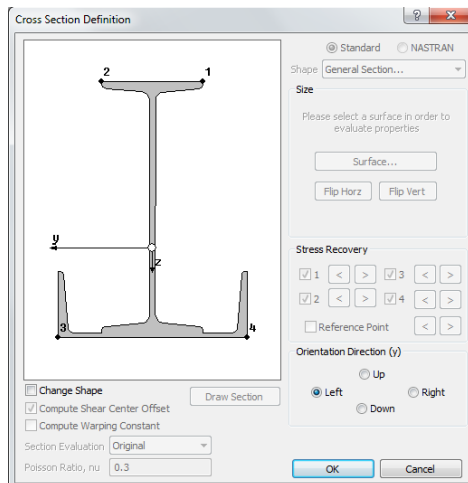
$$[K]\{\Delta u\} = \{\Delta f\} - \{r\}, \quad (1)$$

де  $[K]$  – лінеаризована матриця жорсткості системи;  $\{\Delta u\}$  – шуканий вектор приросту переміщень;  $\{\Delta f\}$  – вектор приростів заданих сил;  $\{r\}$

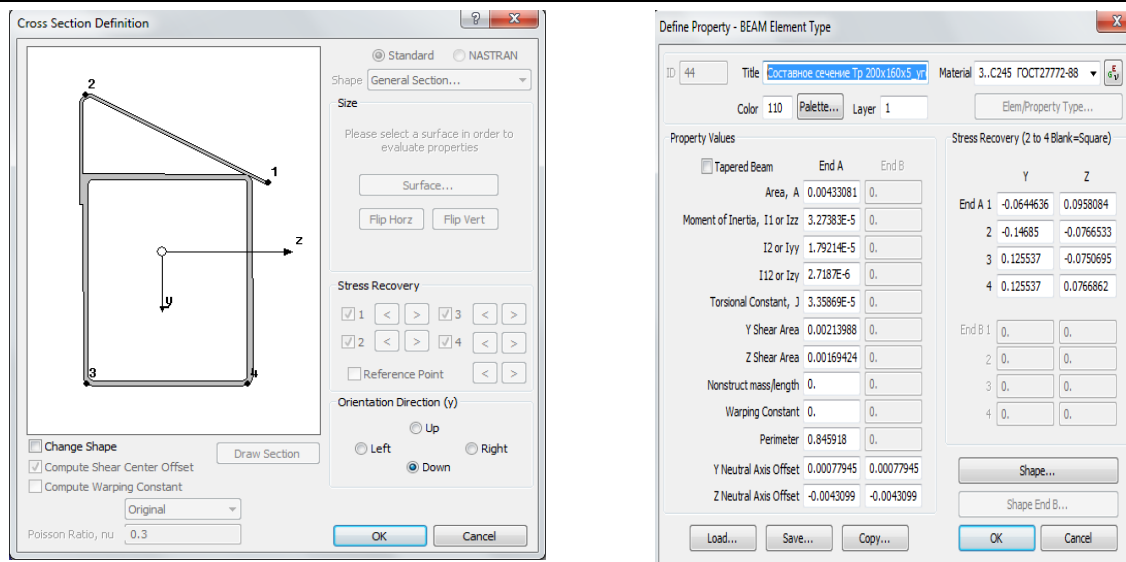
– вектор нев'язок. У зв'язку з тим, що за деякої комбінації внутрішніх сил попереднього навантаження, конструкція може втратити стійкість, було досліджене випучування елементів конструкції на основі постановки проблеми на власні значення для лінеаризованої системи алгебраїчних рівнянь

$$[K + \lambda_i L] = 0, \quad (2)$$

де  $K$  – матриця жорсткості для ненапруженої конструкції;  $L$  – різностороння матриця жорсткості;  $\lambda_i$  – шукані власні значення параметра навантаження (параметра переднавантаження); прямі дужки означають знак обчислення визначника.



a



б

Рисунок 3. Елементи складеного перетину:

а - двутавр з ухилом полиць І 36 (ГОСТ 8239-89) та швелер 27У (ГОСТ 8240-97) б - труба 200x160x5 (ГОСТ 30245-94) та кутник 200x110x3

Частоти та форми власних коливань визначаються на основі частотного аналізу. Рівняння руху елементів конструкції записуються в матричній формі

$$[M]\{\ddot{u}\} + [K]\{u\} = 0, \quad (3)$$

де  $[K]$  та  $[M]$  – відповідно матриці жорсткості та мас, що відображають пружні та інерційні характеристики конструкції;  $\{u\}$  – вектор динамічних переміщень; точками над буквою позначено диференціювання по часу.

Після врахування гармонічного закону власних коливань конструкції аналіз системи рівнянь руху (3) зводиться до проблеми Штурма-Ліувілля для алгебраїчної системи

$$[K + \lambda_i L]\{\psi_i\} = 0, \quad (4)$$

де  $\{\psi_i\}$  – власний вектор (мода коливань), що відповідає власному значенню (кругова чи циклічна частота).

Обчислення власних значень і векторів для рівнянь (4) здійснювалось за допомогою метода Ланцоша.

Перевірка адекватності скінченно-елементної моделі виконувалась за допомогою порівняльного аналізу показників зусиль в елементах конструкцій та частот і форм власних коливань будівлі, розрахованих за допомогою створених моделей в програмних комплексах NASTRAN та SCAD.

комплексі SCAD за рахунок приєднання та перетворення статичних навантажень L2 та L3 в маси.

Адекватність моделей оцінювалась збіжністю результатів, розрахованих програмними комплексами NASTRAN і SCAD та додатковими порівняннями натурних показників частот власних коливань заміряних експериментально.

Передбачалось, що збіжність величин розрахованих різними комплексами, буде адекватно характеризувати скінченно-елементну модель, а натурні результати підтверджувати або відхиляти це передбачення.

Виразником статичних характеристик були осьові зусилля в елементах підкрюквяної ферми ПФ-6 (рис. 4), а динамічні характеристики представлялись величинами трьох перших частот основного тону коливань споруди.

Як можна бачити (табл. 3, табл. 4), різниці величин показників виявились малозначними, а експериментальна перевірка підтвердила правильність розрахунків.

В модальному аналізі, при визначенні величин параметрів власних частот, постійні навантаження від огорожувальних конструкцій (L2) та технологічне навантаження (L3) приєднувались до основної маси конструкції у програмному комплексі NASTRAN через неконструкційні маси, а у програмному

**Порівняння зусиль в елементах підкровоквної ферми ПФ6 під дією сполучення навантажень  $S1=1,0x(L1)+1,0(L2)+0,95(L3)+0,9(L5)+0,9(L6)$  розраховані в різних програмних комплексах**

Поздовжні зусилля в елементах ферми							
№ елемента	SCAD	NASTRAN	Різниця, %	№ елемента	SCAD	NASTRAN	Різниця, %
	Зусилля N, т	Зусилля N, т			Зусилля N, т	Зусилля N, т	
1	-99,00	-100,51	0,75	9	187,38	195,58	2,14
2	261,52	271,46	1,87	10	-81,80	-84,97	1,89
3	-86,90	-84,85	1,19	11	-302,77	-311,43	1,40
4	-73,55	-73,89	0,23	12	72,39	75,85	2,33
5	-75,23	-73,66	1,05	13	341,32	351,92	1,45
6	-200,08	-207,70	1,86	14	383,55	395,04	1,47
7	173,91	176,94	0,86	15	57,66	59,31	1,41
8	-313,69	-311,43	0,36	16	-73,39	-76,01	1,79

Натурні величини власних частот і відповідні їх напрямки коливань фіксувались сейсмостанцією ZET 048-С, а розшифровка результатів виконувалась по методиці Київського національного університету будівництва і архітектури. Вимірювались віброприскорення несучих конструкцій в

реальному часі з подальшою їх обробкою та визначенням величин власних частот споруди. зареєстровані віброграми коливань оброблялись програмною забезпеченням ZETLAB SEISMO за допомогою спектрального аналізу методом дискретного перетворення Фур'є.

Таблиця 4.

**Частоти власних коливань споруди**

Номер тона частоти	Частота власних коливань, Гц		
	Розрахункова за даними результатів розрахунків у програмних комплексах		Експериментальна за даними натурних вимірювань
	SCAD	NASTRAN	
1	0.506289	0.492079	0.49-0.51
2	0.556190	0.538250	0.53-0.57
3	0.660833	0.668650	0.66-0.69

Отримані спектри власних коливань споруди (рис. 5) аналізувались з метою визначення частот відповідаючих основним пікам на спектрограмах,

являючихся наслідком відгуку конструкції на зовнішні джерела динамічної дії.



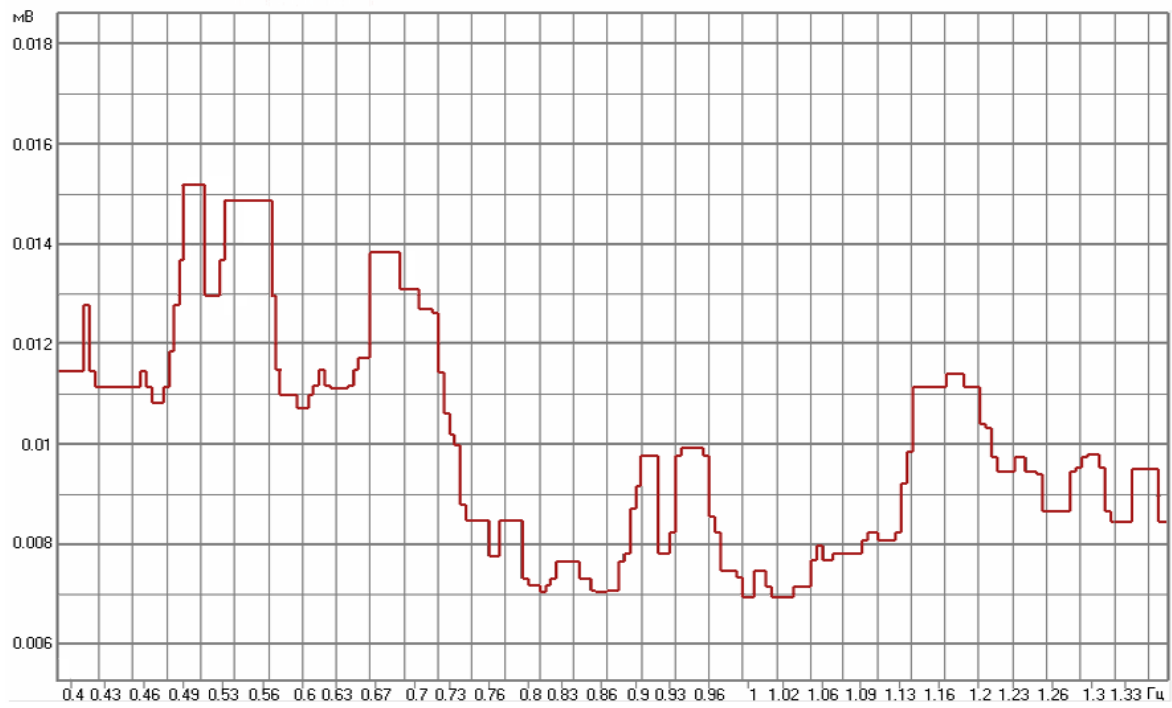
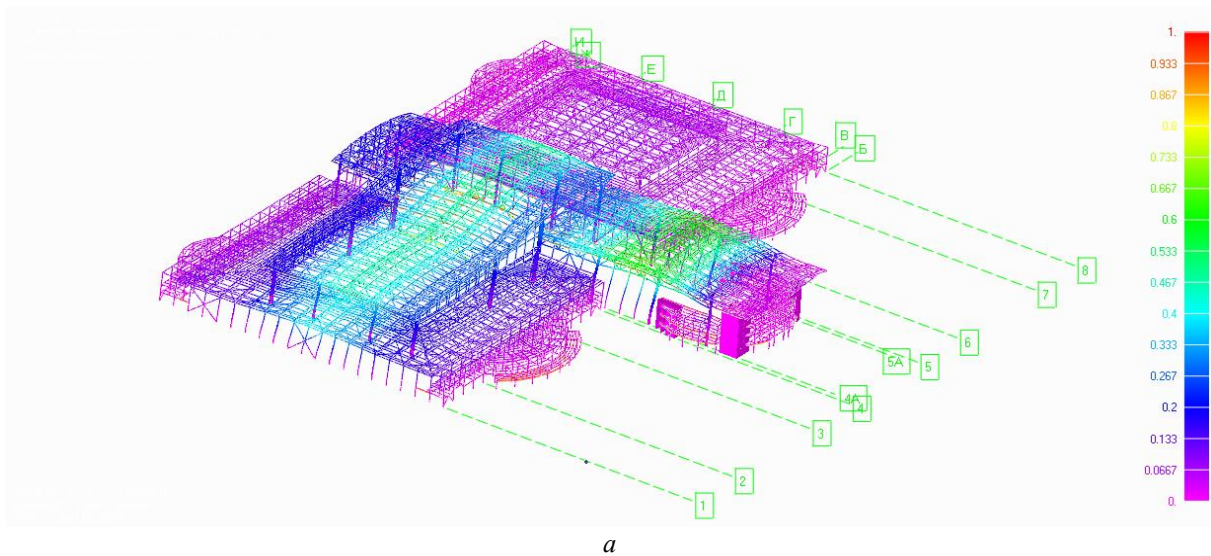


Рисунок 5. Спектр власних коливань великорозмірної споруди

Аналіз напрямків власних коливань споруди при трьох перших частотах показав, що вони змінюються при зміні величини цих частот (рис. 6).



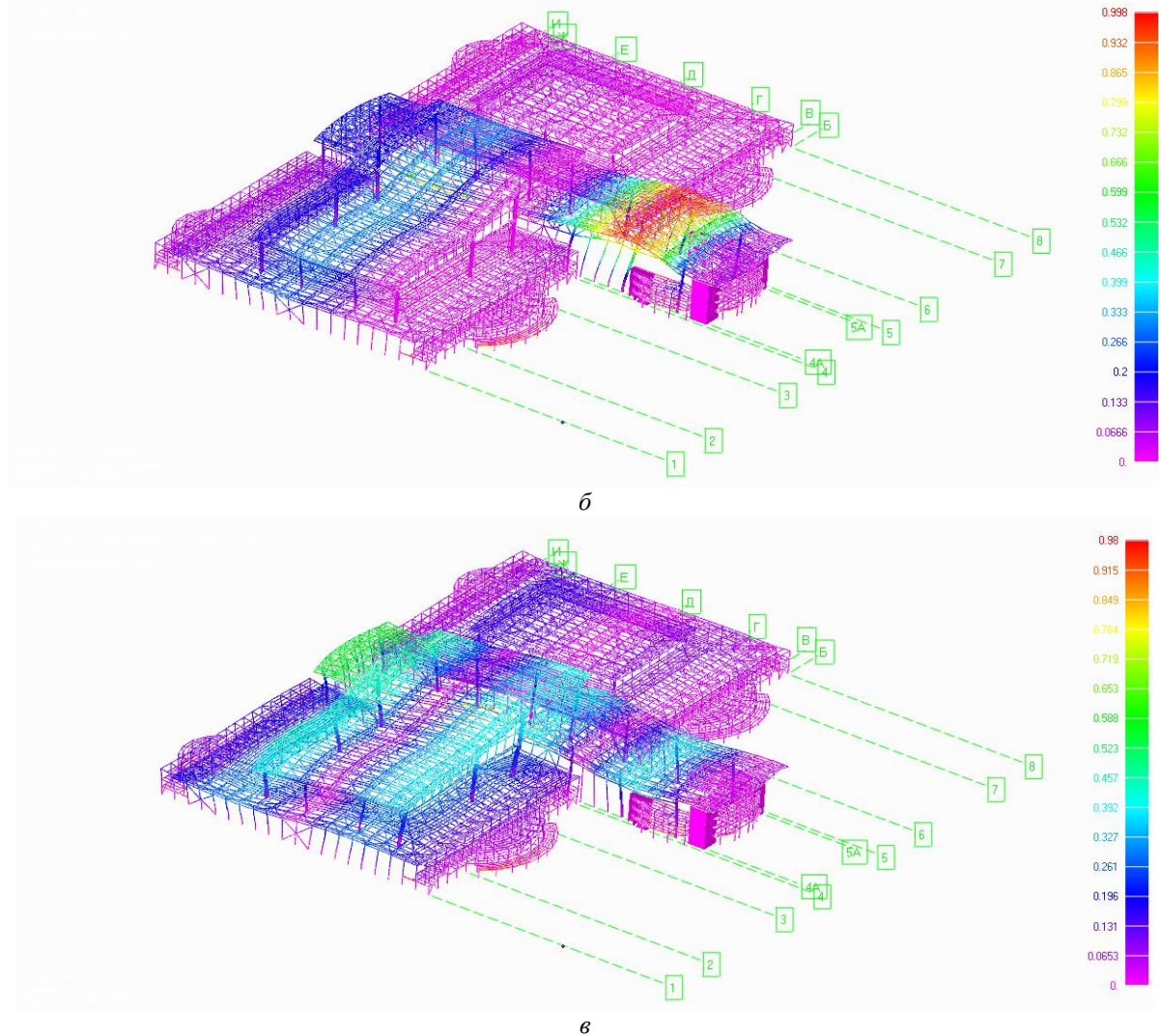


Рисунок 6 Форми власних коливань споруди МВЦ:

а – при першій частоті  $C1=0,492079$  Гц; б – при другій частоті  $C2=0,538250$  Гц; в – при третій частоті  $C3=0,668650$  Гц

Так, при коливаннях за першою власною частотою ( $C1=0,492079$  Гц) підвищена частина блоків Б та В - «Хвиля» та знижена частина блоку Б рухаються поступально в одному напрямку вздовж осі Х (рис. 9 а). При коливаннях за другою частотою ( $C2=0,538250$  Гц) «Хвиля» та знижена частина блоку Б рухаються вздовж осі Х протилежно один відносно другого (рис. 9 б), а коливання за третьою частотою ( $C3=0,668650$  Гц) супроводжується накладанням поворотних рухів «Хвилі» по центру, вздовж її поздовжньої осі (рис. 9 в).

Чутливість реагування на зміни динамічних характеристик конструкції будівельної споруди моделювались на прикладах можливих конструкційних порушень у вигляді просідання ґрунтової основи під колонами великопрольотної підкровоквяної ферми та появу пластичного шарніру в з'єднанні кровляної ферми з колоною. Показниками являлись величини власних частот та умовні амплітуди коливань розраховані в моніторингових точках споруди.

В обох випадках (табл. 5, табл. 6) скінченно-елементна модель демонструє ефективність і свідчить про можливість її використання в системі моніторингу технічного стану споруди.



Таблиця 5.

**Величини трьох перших власних частот споруди**

Номер власної частоти	Величина трьох перших власних частот споруди, Гц				
	Частота при нормативному стані споруди	Частота при умовному пошкодженні конструкції			
		Просідання ґрунтової основи під колонами типу К1		Пластичний шарнір в з'єднанні ферми Ф7 та колони типу К2	
		Величина частоти	Відхилення від нормативного стану, %	Величина частоти	Відхилення від нормативного стану, %
I	0,492079	0,474712	3,7	0,489095	0,6
II	0,538250	0,531578	1,3	0,531731	0,7
III	0,668650	0,620372	7,8	0,668066	0,08

Таблиця 6.

**Умовні амплітуди форм власних коливань в моніторингових точках споруди при першій частоті**

Номер моніторингової точки	Номер власної частоти	Умовна амплітуди власних коливань при першій частоті				
		Умовна амплітуди власних коливань при нормативному стані споруди	Умовні амплітуди при відхиленнях від нормативного стану при умовному пошкодженні конструкції			
			Просідання ґрунтової основи під колонами типу		Пластичний шарнір в з'єднанні ферми Ф7 та колони типу К2	
			Величина амплітуди	Відхилення від нормативного стану, %	Величина амплітуди	Відхилення від нормативного стану, %
MT1	I	0,30561	0,33676	10,2	0,33128	8,4
MT2	I	0,43025	0,48886	13,6	0,44082	2,46
MT3	I	0,33498	0,24059	39,2	0,43279	29,1

**Висновки.** Створена скінченно-елементна модель великорозмірної будівельної споруди адекватно відображає напружений і деформаційний стан.

Підтверджена доцільність і ефективність використання показників частот і форм власних коливань в системі діагностики технічного стану великорозмірних будівельних споруд.

Для розрахунків за допомогою скінченно-елементна моделі динамічних показників споруди виконана верифікація розробленої моделі з урахуванням постійних навантажень: огорожувальних конструкцій та технологічного навантаження.

**Список літератури:**

1. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівельних споруд, будівельних конструкцій та основ: ДБН В.1.2-14-2009 [чинний від 2009-12-01], К. Мінрегіон України 2009.-43с-(Будівельні норми України).
2. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2006 [чинний від

2007-01-01], К. Мінрегіон України 2006.-94с-(Будівельні норми України).

3. Белостоцкий А. М., Каличава Д. К. Адаптируемые конечно-элементные модели на основе динамического мониторинга несущих конструкций высотных зданий. Часть 1: Основа разработанной расчетно-экспериментальной методики. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering 8(4) 19-27 (2012).

4. Патрикеев А.В. Система динамического мониторинга инженерного сооружения как ключевой элемент его технической безопасности // Вестник МГСУ, 2014, №3. С. 133-140.

5. Савин С. Н. Динамический мониторинг строительных конструкций на примере пандуса концертного зала «Пушкинский» в г. Москве. Инженерно-строительный журнал, №7, 2012.

6. Шаблинский Г. Э. Мониторинг уникальных высотных зданий и сооружений на динамические и сейсмические воздействия//Издательство АСВ. – 2013.– М-328 с.

7. Алфутов Н.А. Основы расчета на устойчивость упругих систем. – М.: Машиностроение, 1991. – 334 с.

8. Гуляев В.И., Баженов В.А., Гоцуляк Е.А. Устойчивость нелинейных механических систем. – Львов: Вища школа, 1982. – 254 с

9. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Устойчивость равновесия конструкций и родственные проблемы. Том 1. – М.: Издательство СКАД СОФТ. 2007 – 670 с.

10. Ващилина Е.В. Конечно-элементный мониторинг конструкций международного выставочного центра / Е.В. Ващилина, Е.И. Борщ, К.Е. Котенко, И.А. Ткаченко // Вестник Национального транспортного университета. – К. : НТУ, 2014. – Вып.31.

**Rzayev P.F.**

*Dr. in technical sciences, professor  
Institute of Radiation Problems  
Azerbaijan National Academy of Sciences*

**Firuz A.S.**

*Dr. of Philosophy in Technical, senior scientific worker  
Institute of Radiation Problems  
Azerbaijan National Academy of Sciences*

**Ismail E.V.**

*Engineer  
Institute of Radiation Problems  
Azerbaijan National Academy of Sciences*

**Рзаев Первиз Фикри оглу**

*Доктор технических наук, профессор  
Институт Радиационных Проблем  
Национальная Академия Наук Азербайджана*

**Салманова Фируза Азиз кызы**

*Доктор философии по технике, старший научный сотрудник  
Институт Радиационных Проблем*

*Национальная Академия Наук Азербайджана*

**Велизаде Исмаил Елшен оглу**

*Инженер  
Институт Радиационных Проблем  
Национальная Академия Наук Азербайджана*

## ALGORITHMS FOR CALCULATION OF SC OF THE SWH АЛГОРИТМ РАСЧЕТА КОЛЛЕКТОРА СОЛНЕЧНОГО ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ

**Summary:** The article is dedicated to a simplified methodology of calculation of SC of the SWH offered by us in natural conditions of Absheron Peninsula.

**Key words:** Solar collector, solar radiation, heat capacity, tank accumulator, technological process.

**Аннотация:** В статье предлагается упрощенная методика коллектора солнечного водонагревателя в природных условиях Апшеронского полуострова. **Ключевые слова:** солнечной коллектор, солнечная радиация, теплоемкость, бак аккумулятора, технологический процесс. One-dimensional stationary matter of a heat transfer along arc surface of the SC stands on the basis of the calculation method of the integral characteristics and temperature area □

Deficient side of model clearly follows that the matter of temperature area change on SC is examined without link of temperature change of liquid into the tubes.

The authors used method of finite numerical series to solve a task. The solve of two-dimensional equation of the heat transfer have carried out in cross-hatch with application of local one-dimensional scheme. It has been used the matching method to solve the algebraic equation system.

The realization of offered algorithms have conducted in PL/1 language. The functional model SPLINE is used by us for simplifying of task and optimization of calculation of the mathematical model.

Let's study tubular SC SWH with parameter  $Bi \leq 1$  due its less thickness plate than its length and width by which it is possible ignoring temperature gradient of plate on its thickness. In this case temperature area of

the collector can be defined by a two-dimensional heat transfer equation:

$$\frac{\partial Z}{\partial t} = \alpha \Delta Z + \Phi \quad (1)$$

Here  $\alpha$  – the coefficient of heat conduction;  $Z$  – temperature,  $x, y$  – the space coordinates,  $t$  – period;

$\Delta Z = \frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Z}{\partial y^2}$  the Laplace Operator,

$\Phi = \frac{S_n - Q}{c p \delta}$  free limit;  $S_n$  is an absorbed solar energy flow;

$Q = K_{\text{eff}} (Z - Z_{\text{env.}})$  heat loss to the environment;  $K$  – the coefficient of heat transfer;  $c$  – specific heat volume;  $p$  – density;  $\delta$  – thickness; eff. – efficiency.

If there is temperature and velocity of water in the inlet of the collector identically and the incident on flow solar energy has been identically distributed along the surface of the collector, then one can examine area of

temperature only into the pipe and the abutting plate with one side according to the symmetry law.

The limit conditions is found follows:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda \delta \frac{\partial Z}{\partial y} \Big|_{y=0} = \alpha \pi d (Z - Z_m) \\ \frac{\partial Z}{\partial y} \Big|_{y=L} = 0 \end{array} \right. \quad (2)$$

Here,  $\alpha$  is the heat exchange coefficient;  $\lambda$  – the heat transfer coefficient;  $d$  - diameter;  $m$  - liquid;  $L$  is half of distance between collector pipes.  $\tau$

In the following relations we use effective quantities of specific heat capacity and specific density of a plate to take into consideration influence of specific heat capacity of pipe materials on thermal processes:

$$C_{\text{eff}} \cdot \rho \varepsilon \phi \phi \cdot V_{\text{pl.}} = C_{\text{pl.}} \cdot \rho_{\text{pl.}} \cdot V_{\text{pl.}} - \rho_{\tau} V_{\tau} \quad (3)$$

Here,  $\text{pl.}$  - plate of collector;  $\tau$  – tube;  $V$  – capacity.

The flow of solar energy absorbed by a  $S_n$  plate and the effective coefficient of heat transfer off a plate to the ambient environment through a transparent obstacle are determined based on the algorithm with consideration for features of a collector and its mounting location.

The values show that heat loss fallen on the  $y$  axis may be ignored:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial Z}{\partial y} \Big|_{x=0} = 0 \\ \frac{\partial Z}{\partial y} \Big|_{x=\text{изол.}} = 0 \end{array} \right. \quad (4)$$

$$0 (\|\Delta_t\|) + (\|\Delta_x\|^2 + \|\Delta_y\|^2) \quad (11)$$

Here  $\Delta_t: 0 = t_0 < t_1 < \dots < t_l = T$

$\Delta_x: 0 = x_0 < x_1 < \dots < x_n = \nu$

$\Delta_y: 0 = y_0 < y_1 < \dots < y_m = L$

$$\|\Delta_t\| = \max_{1 \leq k \leq l} (t_k - t_{k-1})$$

$$\|\Delta_x\| = \max_{1 \leq i \leq n} (x_i - x_{i-1})$$

$$\|\Delta_y\| = \max_{1 \leq j \leq m} (y_j - y_{j-1})$$

$$l = 10 \quad \|\Delta_t\| = 0,1$$

$$n = 100 \quad \|\Delta_x\| = 0,01$$

$$m = \text{of } 1000 \quad \|\Delta_y\| = 0,001 \quad (11)$$

A calculation of parameters of a cubic function SPLINE is made in a SPLINE subroutine. To calculate SPLINE values with help of subroutine SEVAL function is possible if its coefficients are defined by a SPLINE subroutine.

Programs in "TURBO – PASKAL" languages are used for realization of proposed algorithms.

The calculations are made for SC SWH with the following characteristics: The length of a collector 1,9 m, the width 0,9 m, the distance 0,16m between pipes, the diameter of pipes 15 mm, thickness of plate and wall of the tube is 0,5mm, plate and pipe material is

Here  $\text{insul.}$  denotes insulation.

Area of heat in liquid (coolant) of SC of SWH is described by a one-dimensional equation of energy:

$$c_m \rho_m F \left( \frac{\partial Z_m}{\partial t} + W \frac{\partial Z}{\partial x} \right) = d_m U (Z - Z_m) \quad (5)$$

With primary (prior) conditions:

$$Z_m(0, x) = Z_{m0}(x) \quad (6)$$

With the limit conditions:

$$Z_m(t, 0) = Z_{m.inlet}(t) \quad (7)$$

Here,  $F$  – cross sectional area;  $U$  – a moistened parameter,  $0$  - primary, the inlet - inlet. If one examines SC SWH as an arcuate tube, we will get peak efficiency of an arc:

$$K_{\text{д}} = \left( \frac{\delta K \varepsilon \phi \phi}{\lambda} \right)^{1/2} - 0 \quad (8)$$

Temperature in arc length is nearly constant, therefore in the small values of  $K_{\text{д}}$  application of a one-dimensional equation of heat conduction for general temperature is possible to the  $y$  coordinate with satisfactory accuracy:

$$c \rho F \frac{\partial Z}{\partial t} = c \rho \Phi F - \frac{\alpha U}{\delta} (Z - Z_m) \quad (9)$$

With primary conditions  $Z(0, x) = f(x)$  (10)

Solution (5) and (9) gives a possibility to determine the temperature area in SWH SC.

Functional SPLINE method has been used and determined error to solve systems of differential equations (1) - (5) and (5) - (9).

duralumin, insulation with mineral wool with thickness 0,1, one glass cover. SC angle of inclination is  $40^{\circ}$ , its location  $40^{\circ}$  north latitude.

In case of two-dimensionality, the initial calculation to an established regime was carried out with a constant solar energy ( $650 \text{Вт/м}^2$ ) flow and a constant environmental temperature ( $27^{\circ}\text{C}$ ). System's warm-up period to regime is 580sec. During this time mean absorbing surface temperature is increased for  $540\text{s}$  and temperature of liquid in a system – for  $48,5^{\circ}\text{s}$ .

Analysis of received results based on cases (one-dimensional and two-dimensional) shows the difference between them no exceeds the limit 5-6%, which corresponds to made values  $K_p = 0,48$ .

In the real devices an accumulator tank connects with SC which allows to increasing of level of the system operation temperature and hot-water supply a consumer with specified temperature. For description of a process in an accumulator tank a mathematical model is used with average parameters on volume of a tank.

$$(c\rho V)_m \frac{\partial Z_{m\delta}}{\partial t} = (c\rho F)_m (ZW)_{\text{BX}} - (c\rho F)_m (ZW)_{\text{BYIX}} - \alpha S(Z_{m\delta} - Z_{c\delta}) \quad (12)$$

$$(c\rho V)_\delta \frac{\partial Z_{c\delta}}{\partial t} = \alpha(Z_{m\delta} - Z_{c\delta}) - \frac{\lambda_u}{\delta_u}(Z_{c\delta} - Z_{oc}) \quad (13)$$

Here,  $S$ - the surface of a heat exchanger, the out- output, the  $c\delta$  - side of a tank,  $W$  - the speed of relocation of water (coolant); the  $\delta$  - tank accumulator (storage tank).

The calculations are passed for SB (tank accumulator - collector) with a natural - thermosyphon water circulation. Velocity of the circulation is determined from an equation of hydraulic loss and Archimedes' Power (upthrust).

The flow of temperature fallen up a collector is moving by a proportionality.

$$H = H_{\text{max}} \sin\left(\pi \frac{t - t_v}{t_g}\right) \quad (14)$$

Here,  $t_v$  is time of sunrise;  $t_g$  is the duration of a day;  $N$  is length of a collector.

Maximum concentration of a flux of solar radiation  $H_{\text{max}} = 650 \text{ Вт/м}^2$ . Ambient temperature changes

for  $32^\circ \text{C} - 20^\circ \text{C}$  in a linear regularity from 7 o'clock to 11 and from 20:32 to o'clock remains unchanged, then around 18 o'clock reduces to  $20^\circ \text{C}$ .

Changes of temperatures and speed of water circulation in a system during all day are introduced in Figure 1 and 2. SC collector surface temperature reaches to maximum at 14-15 o'clock in day, the heating in the tank accumulator continues until 16 o'clock, as a result of which its temperature is increasing to  $68^\circ \text{C}$ . Change of speed of water circulation in collector pipes is determined by change of a difference of temperatures of liquid in the input and output of the collector pipe and this difference is maximum at 12 o'clock. Coefficient of efficiency of device ~of 55% in 8 hours. The proposed method of calculation of an algorithm gives a possibility to calculate thermal processes in SC with constant and variable parameters in time of the environment, which in its turn makes possible its uses in a design and optimizations of solar collectors of the SWH.

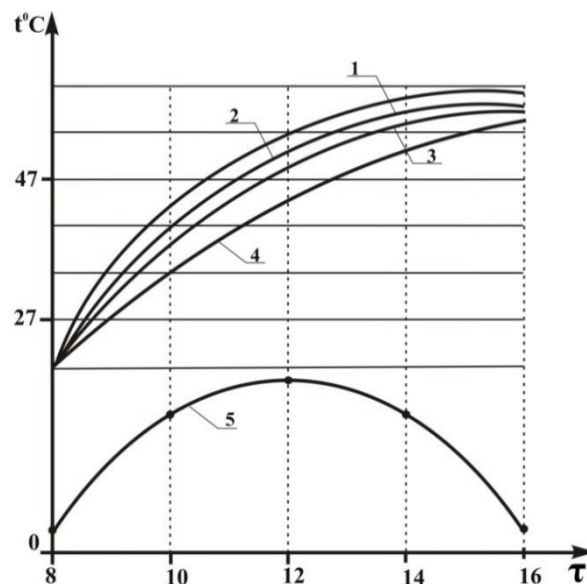


Figure 1. A dependence of speed and temperature of liquid in pipes of a collector of a tank accumulator - collector system

1-The SC plate is  $x = 1,9 \text{ m}$ ; on the 2-nd it is  $x=0$  alike; 3- is liquid at the outlet off SC; 4 - is liquid in the tank accumulator of the SWH ; 5- is velocity of liquid in SC pipes.

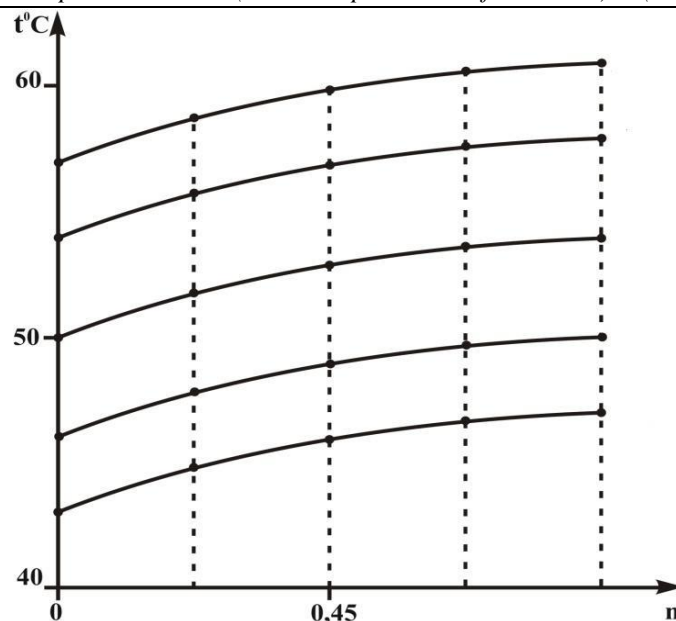


Figure 2. Distribution of temperature of a SC plate to width In conclusion, it should be noted that the presented method of calculation and optimization of a technological process of hot water supply was applied for creation of the combined structure of SWH + wind-driven powerplant (WPP) for the purpose of improvement of sanitary-hygienic conditions of rural (dacha) population. One can use the method of calculation successfully also in project organizations as well.

#### Literature

1. Absorber für einen Sonnenkollektor, Sonnenkollektor und verfahren zur Herstellung eines Absorber und eines Sonnenkollektors. №19857125 Germany. MPK<sup>7</sup>, F24C 2/48 Fischer Detlef, №198571259, №11.12.1998. 15.06.2000 (nem).

2. Salamov O.M., Salmanova F.A., Rzayev P.F. Calculation of solar water-warming plant for hot-water supply of a village family // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology- ISJAE 2006 №10 (42). P. 30-36.

3. A new design of solar water heater / Sayed Z. Rehim A/Proc. Indian Acad. Sci-1998-110, №3, pp. 373-384 (England).

4. Alternative Energy <http://www.altenergy.org/>

5. Karimov M.A., Salmanova F.A. Hot water supply of rural homes using solar power. Thermal power system analysis, M. "News Heating". The electronic version. <http://www.rosteplo.ru/statn1-php?id=88poz-f110M>, 2007.

6. Andreas Jungbauer: Windenergienutzung in einem regenerativen Energiesystem, Analyse der Windkraftanlagen Eberschwang und Laussa. Diplomarbeit Technischen Universität Graz, Institut für Hochspannungstechnik, Elektrotechnik – Wirtschaft und Energiennovation. Graz 1998 (PDF).

7. Beck/ Killian, Chemie 3, Oldenburg – Verlag, München, 1996.

**Mozgovyy A.O.**

*candidate of technical sciences, associate professor of gidrotechnical technology, Kharkov National University of Construction and Architecture*

**Balabay O.O.**

*assistant of the department of gidrotechnical technology, Kharkov National University of Construction and Architecture*

**Мозговий А.О.**

*кандидат технічних наук, доцент кафедри гідротехнічного будівництва, Харківський Національний університет будівництва та архітектури*

**Балабай Е.А.**

*науковий співробітник кафедри гідротехнічного будівництва, Харківський Національний університет будівництва та архітектури*

### THE COMPLEX OF THE PROBABILITY ASSESSMENT OF THE RISK OF ACCIDENTS ON THE EXAMPLE OF CONCRETE DAM OF DNIEPER HYDROELECTRIC POWER КОМПЛЕКСНА ЙМОВІРНІСНА ОЦІНКА РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙ НА ПРИКЛАДІ БЕТОННОЇ ГРЕБЛІ ДНІПРОВСЬКОЇ ГЕС

#### Summary:

*Key words:* concrete dam, reliability, rock bed, the risk of an accident.

**Анотація:**

**Ключові слова:** бетонна гребля, надійність, скельна основа, ризик виникнення аварії.

**Постановка проблеми.** Загальносвітового поширення зазнав розвиток ймовірнісних підходів щодо оцінки надійності та безпеки будівельних конструкцій і споруд, які засновані на системній теорії надійності складних технічних систем. Норми проектування України та інших країн рекомендують застосовувати під час розрахунку надійності гідротехнічних споруд ці підходи.

В сучасних нормах проектування та в технічній літературі немає апробованих підходів щодо комплексної ймовірнісної оцінки ризику виникнення аварій на бетонних гравітаційних греблях. Тому розробка комплексної ймовірнісної оцінки ризику виникнення аварій на бетонних гравітаційних греблях є важливим та актуальним завданням [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ряд аварій бетонних гравітаційних гребель на скельних основах підштовхнули розглянути проблему надійності таких гребель.

У 21% випадків для бетонних гребель чинником пошкодження слугували внутрішня ерозія тіла греблі і недостатній опір стійкості на зсув по основі [2–3]. Найчастіше відмови відбувалися на греблях заввишки до 30 м – приблизно 70%, заввишки від 30 м до 60 м – 22%, заввишки від 60 м до 100 м – 4%, інші – 4% [4].

Статистичні дані [5] свідчать, що 70% відмов великих гребель притаманні греблям заввишки не більше ніж 30 м. Для гребель заввишки 15–20 м відсоток відмов складає 50%, 20–25 м – 16%, 25–30 м – 6%, 30–35 м – 16%, 40–45 м – 6%, 45–50 м – 12%, 55–60 м – 3%. Більш 50% відмов таких гребель виникають унаслідок переповнення водосховищ під час повенів і паводків.

Первинними чинниками руйнувань бетонних гравітаційних гребель є помилки під час проектування – 7%; недостатність дослідження властивостей та структури основи – 6%; недостатня стійкість греблі проти зсуву по основі – 27%; надмірна фільтрація основи – 7%; внутрішня ерозія основи – 20%; старіння бетону – 6%; переповнення водосховища внаслідок стихійних природних факторів – 7%; пошкодження устоїв стихійного характеру – 20% [6–7].

Вторинні чинники пошкодження – помилки при проектуванні становлять 7%; надмірна фільтрація основи – 7%; надмірні розтягуючі напруження в основі верхнього відкосу – 7%; недостатній опір бетону циклічному заморожуванню – відтаванню – 7%; надмірна водопроникність бетону – 7%; надмірні розтягуючі напруження в бетоні 14%; порушення структурної міцності ґрунтів основи аркових і багатоаркових гребель – 7%; інші чинники – 44% [8–9].

Статистичним аналізом аварій на греблях займалися М. Хиндерлендер (США, 1933 р.), А. Гельфер (СРСР, 1936 р.), Дж. Шерард (США, 1963 р.), Е. Грунер (Швейцарія, 1963, 1967, 1973 рр.), А.

Губе (Франція, 1979 р.), Г. Мариньє (Канада, 1982 р.), Х. Блайнд (Австралія, 1983 р.), А.Ф. Сильвейра (Бразилія, 1983 р., 1990 р.), Ж.Л. Серафим (Бразилія, 1989 р.), М. Рациу (Румунія, 1989 р.) та інші [10–13].

Оцінювання надійності гідротехнічних споруд і каскадів гідровузлів з урахуванням кореляційних залежностей між природними факторами, статистичні методи аналізу їх стану з урахуванням натурних даних розглянуто у роботах О.І. Вайнберга [14], А.О. Мозгового [15–20], А. Gaspar [21], F. Lopez-Caballero [21], A. Modaressi-Farahmand-Razavi [21], O. Morales-Nápoles [22], D. J. Delgado-Hernández [22], D. De-León-Escobedo [22], Y. Li [23], Y. Sun [23], B. Li [23], M. Calamak [24], A.M. Yanmaz [24], M. Alembagheri [25], M. Seyedkazemi [25] та інших.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Для визначення поняття «ймовірність руйнування» робиться припущення про те, що робота конструкції може бути описана за допомогою певного набору основних змінних, які характеризують впливи, механічні властивості, геометричні параметри і невизначеність даних, отриманих при моделюванні. Крім того, передбачається, що граничний стан конструкції визначається за допомогою функції граничного стану.

Однією з основних проблем, що виникають під час ймовірнісної оцінки надійності та безпеки бетонних гравітаційних гребель, є отримання достовірної інформації про вихідні дані випадкових величин, що характеризують природні фактори.

**Мета статті.** Виконання комплексної ймовірнісної оцінки ризику виникнення аварій на прикладі бетонної греблі Дніпровської ГЕС.

**Викладення основного матеріалу.** Бетонні гравітаційні греблі на скельній основі можна розглядати як структурно-складну систему, тому що аварії на бетонних гравітаційних греблях виникають унаслідок досягнення граничного стану, який пов'язаний із: втратою стійкості греблі проти зсуву  $P_c$ ; вичерпанням міцності бетону на стискання  $P_b$ ; перевищенням межової глибини зони розтягання у горизонтальних перерізах тіла греблі у верховій грані та в перерізі по контакту греблі з основою  $P_o$ ; із втратою стійкості греблі проти перекидання  $P_m$ ; вичерпанням міцності контактного перерізу  $P_p$ .

Інтегральні властивості надійності і безпеки складного гідротехнічного об'єкта, який розглядається як система, залежать не лише від надійності окремих елементів системи, а й від характеру взаємозв'язку між ними. бетонна гравітаційна гребля на скельній основі представляє собою структурно-складну систему із послідовним з'єднанням елементів унаслідок того, що настання хоча б одного із вищевказаних граничних станів приводить до її непридатності до нормальної експлуатації.

Визначальним фактором у процесі визначення кожного із вищезазначених критеріїв виникнення



аварії, який залежить не тільки від властивостей надійності та безпеки, є паводкові витрати водотоку, від яких залежить рівень води у верхньому б'єфі. Тому ризик виникнення аварії за вказаними критеріями можна розглядати як систему із залежними послідовно з'єднаними елементами.

Оцінюючи надійність та безпеку бетонних гравітаційних гребель на скельній основі, потрібно враховувати навантаження та впливи, які регламентуються діючими нормами проектування.

Виконуючи комплексну ймовірнісну оцінку ризику виникнення аварій на бетонних гравітаційних греблях, доцільно використовувати метод ста-

тистичних випробувань (Монте-Карло). У результаті може бути отримано значення ризику (ймовірності) виникнення аварії на цих спорудах.

Комплексна ймовірнісна оцінка ризику виникнення аварій на бетонних гравітаційних греблях проводилася на прикладі бетонної гравітаційної греблі на скельній основі Дніпровського гідровузла.

Дніпровський гідровузел розташований у вузькій каньйоноподібній долині біля м. Запоріжжя, на 341 км заввишки від гирла річки Дніпро. Призначення гідровузла комплексне – енергетика, судноплавство, водопостачання, зрошення, рекреація. Поздовжній розріз по осі споруд Дніпровського гідровузла наведений на рис. 1.

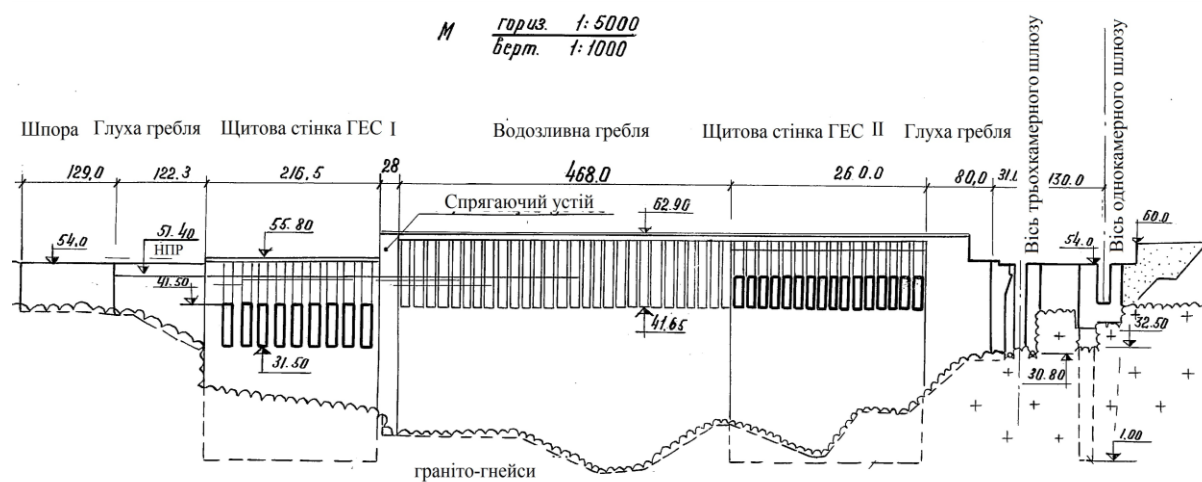


Рис. 1. Поздовжній переріз по осі споруд Дніпровського гідровузла

До складу споруд гідровузла входять: водозливна гребля; щитові стінки ГЕС-I та ГЕС-II; будівлі ГЕС-I та ГЕС-II із монтажними майданчиками; спрягаючі споруди; однокамерний та трикамерний судноплавні шлюзи; глухі греблі лівого та правого берегів; відкритий розподільний пристрій. Дніпровські ГЕС-I та ГЕС-II входять до складу гідровузла Дніпровського каскаду та беруть участь у покритті піку добового графіка навантажень енергосистеми України. Потужність Дніпровської ГЕС складає 1503.6 МВт.

Основою гідровузла слугує Запорізький блок Українського щита. Корінні породи представлені

архейськими ультраметаморфічними середньо-крупнозернистими гранітами. Район розташування споруд гідровузла належить до зони глибинних розломів меридіального напрямку та характеризується невисоким ступенем тектонічної активності. Водосховище Дніпровської ГЕС – руслове, річкового типу, з тижневим, добовим регулюванням. Площа дзеркала водосховища – 400 км<sup>2</sup>. Найбільша ширина основи водозливної греблі – 40.0 м, ширина бика – 44.0 м. Найбільша висота бика над основою – 62.0 м. Розріз Дніпровської бетонної гравітаційної греблі наведено на рис. 2.



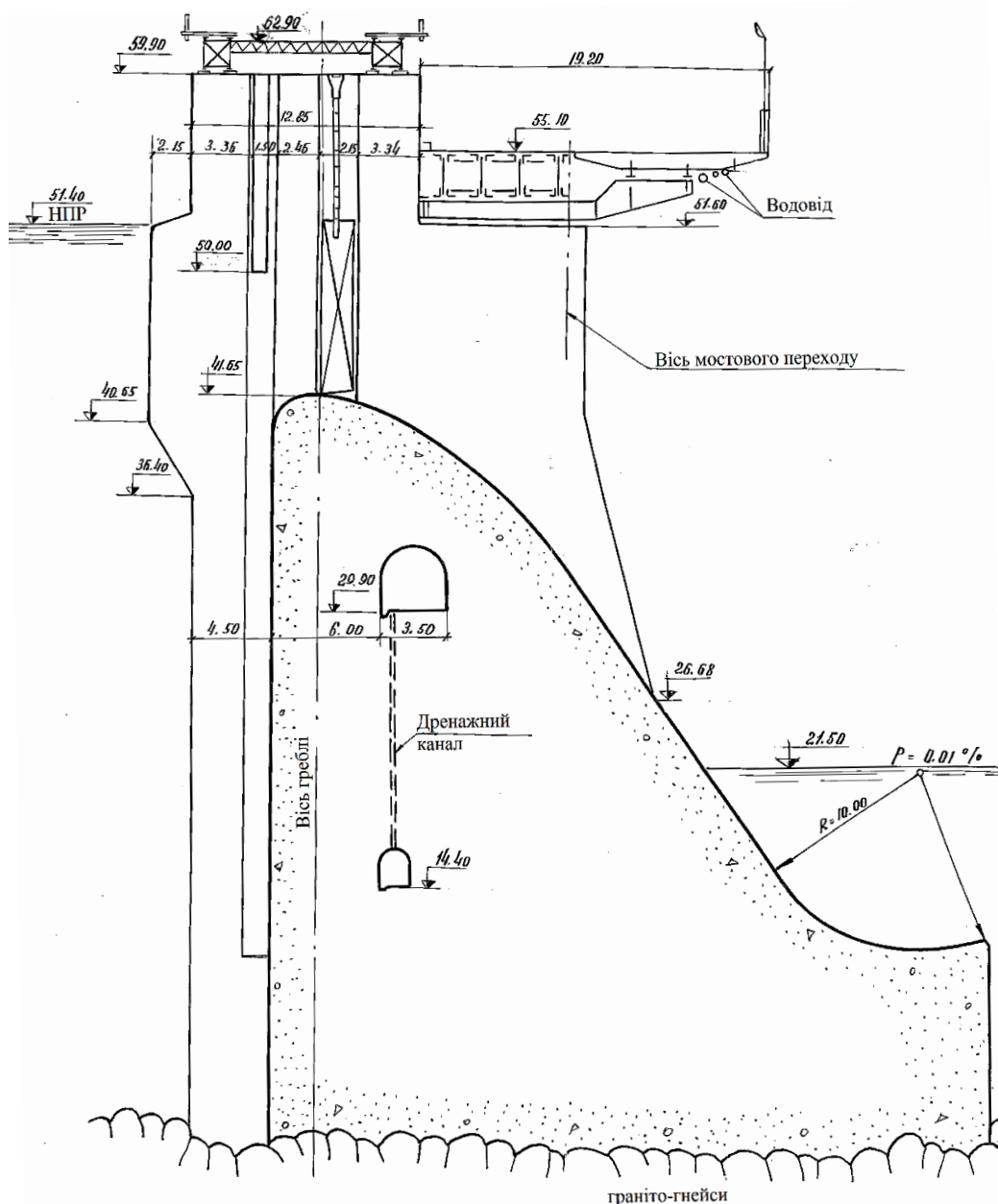


Рис. 2. Розріз Дніпровської бетонної гравітаційної греблі

Згідно з діючими нормами проектування за методом граничного стану визначаються надійність та безпека бетонних гравітаційних гребель за двома групами граничних станів. Розрахунки виконуються для основного та особливого сполучення навантажень та впливів. Аварії на бетонних гравітаційних греблях можуть бути викликані із досягненням граничного стану першої групи.

Виконано оцінку надійності за детерміністичним методом та отримані значення коефіцієнтів стійкості проти зсуву  $k_c$ , проти перекидання  $k_o$ , втрати міцності на стискання  $k_m$ . Для глухої бетонної гравітаційної греблі Дніпровського гідровузла для першого розрахункового випадку  $k_c = 1.61$ ;  $k_o = 2.68$ ;  $k_m = 2.35$ . Для другого розрахункового випадку  $k_c = 1.54$ ;  $k_o = 2.8$ ;  $k_m = 2.0$ . Для третього розрахункового випадку  $k_c = 1.46$ ;  $k_o = 1.6$ ;  $k_m = 1.6$ .

Оцінюючи надійність та безпеку гідротехнічних споруд повинні враховуватися навантаження та

впливи, які регламентуються діючими нормами проектування [26]. Ймовірнісний метод розрахунку засновано на детерміністичному методі. Розрахунок виконується у програмі MathCad за методом статистичних випробувань. Навантаження і впливи на бетонні гравітаційні греблі приймаються у різноманітних, але можливих сполученнях.

Детерміністичними величинами прийнято вважати: 1. геометричні характеристики глухої бетонної гравітаційної греблі Дніпровського гідровузла: висота греблі; ширина греблі по основі; ширина греблі поперек потоку; ширина гребеня греблі; площа греблі по основі; закладання верхнього відкосу греблі верхнього б'єфа; закладання нижнього б'єфа; висота від гребеня греблі до перелому з боку верхнього б'єфа; висота від гребеня греблі до перелому з боку нижнього б'єфа. 2. Щільність бетону. 3. Щільність води. 4. Вагу мосту. 5. Корисне навантаження. 6. Відмітку гребеня греблі. 7. Відмітку

дна. 8. Довжину водосховища. 9. Рівень мертвого об'єму РМО. 10. Відмітку контактного перерізу. 11. Межу міцності масиву скельного ґрунту на одноосьове стискання. 12. Розрахункове значення характеристики міцності скельної основи на зминання. 13. Щільність наносів. 14. Призначений строк служби для споруди класу СС3 –  $T=100$  років.

Далі за ймовірнісним методом реалізуються основні етапи розрахунку ймовірності ризику виникнення аварії:

Максимальна швидкість вітру  $V_{wi}$ , м/с, в районі розташування гідровузла визначається за нормальним законом розподілу із математичним очікуван-

ням  $m = 18$  м/с та середньоквадратичним відхиленням  $\sigma = 4.7$  м. Коефіцієнт варіації для максимальної швидкості вітру прийнято  $C_v = 0.26$  [27]. Задаємо рівномірно розподілену в інтервалі від 0 до 1 випадковою ймовірністю максимальної швидкості вітру. За знайденим значенням визначається квантиль – максимальна швидкість вітру. Крива розподілу максимальної швидкості вітру за призначений строк служби  $T$ , роки (рис. 3, лінія 1), перераховується у криву розподілу щорічної максимальної швидкості вітру (рис. 3, лінія 2). Ординати лінії 2 отримані шляхом зведення до ступеня  $1/T$ . Графік розподілу максимальної швидкості вітру наведено на рис. 3.

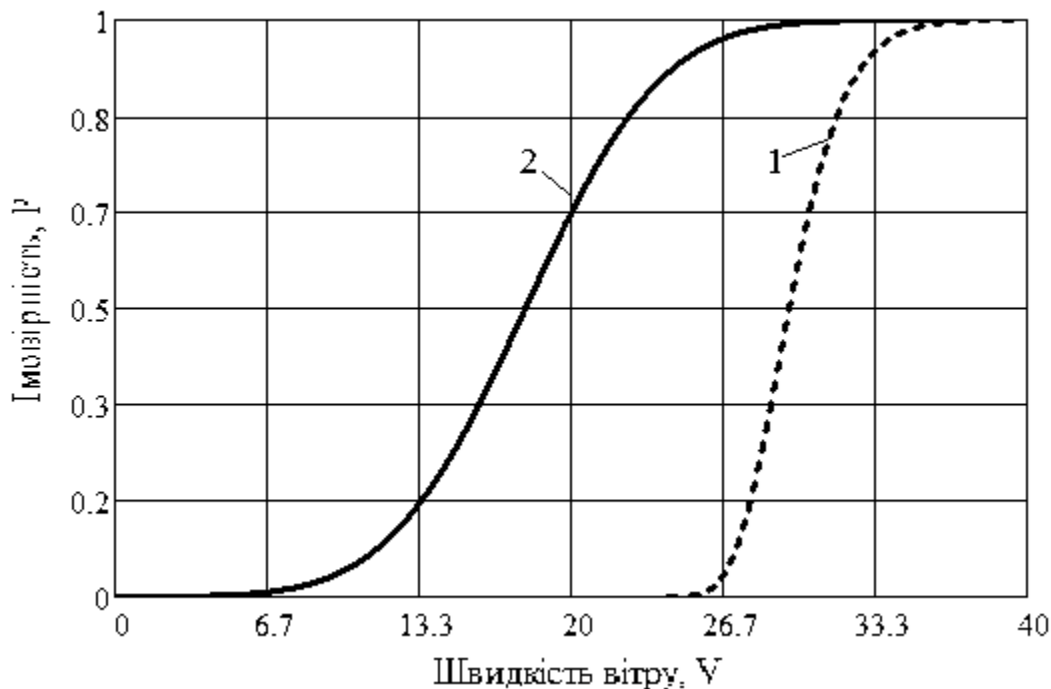


Рис. 3. Графік розподілу максимальної швидкості вітру  $V$ , м/с;  
щорічна швидкість вітру, м/с;  
швидкість вітру за призначений строк служби, м/с

Статичний рівень води з боку верхнього б'єфа визначається залежно від максимальних витрат води в річці. Ці витрати визначаються з урахуванням трансформації паводку у водосховищі. Такий розподіл можливо отримати на основі гідрологічних та водогосподарських розрахунків. При цьому для декількох значень максимальних витрат різної забезпеченості визначаються значення витрат води із врахуванням трансформації паводка у водосховищі та відповідні статичні рівні води перед греблею. Достовірність отриманого розподілу не нижче достовірності визначення відмітки форсованого підпірного рівня та відповідної трансформованої ви-

трати води. Статичний рівень води з боку верхнього б'єфа знаходиться за нормальним законом розподілення [28] із математичним очікуванням  $m = 635.81$  м та середньоквадратичним відхиленням  $\sigma = 1.77$ . Коефіцієнт варіації для статичного рівня води з боку верхнього б'єфа  $C_v = 0.002$ . Статичний рівень води з боку верхнього б'єфа представляє собою ймовірнісну величину максимального щорічного рівня води у водосховищі, при цьому, відмітка верхнього б'єфа при форсованому підпірному рівні  $Z_{w_{fpr}} = 641.8$  м; при нормальному підпірному рівні  $Z_{w_{npr}} = 640$  м. Графік розподілу статичного рівня води з боку верхнього б'єфа наведено на рис. 4.

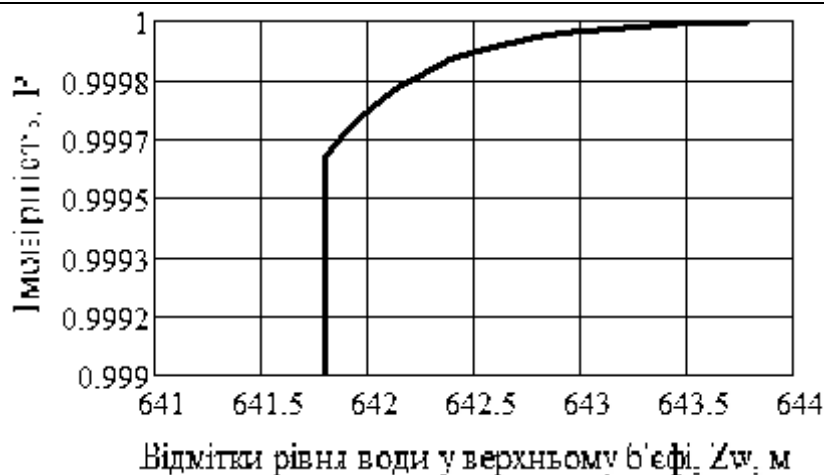


Рис. 4. Графік розподілу статичного рівня води з боку верхнього б'єфа  $Z_w$ , м

Міцність бетону на стискання  $P_{Rb}$ , Па, визначається за нормальним законом розподілу із математичним очікуванням  $m_{Rb}$ , Па, та середньоквадратичним відхиленням  $\sigma_{Rb}$ , Па. Коефіцієнт варіації для міцності бетону на стискання  $C_v = 0.135$  [29]. Задаємось рівномірно розподіленою в інтервалі від 0 до 1 випадковою ймовірністю міцності бетону на стискання. За знайденим значенням визначається квантиль – міцність бетону на стискання. Прийнято наступні міцнісні характеристики бетону на стискання в залежності від зон бетонування  $R_b = 8$  МПа;  $R_b = 10$  МПа;  $R_b = 12$  МПа.

Довжина розгону хвилі  $L$ , м, визначена залежно від середньої глибини води у водосховищі  $H$ , м, а також його топографічних характеристик.

Висоту вітрового нагону  $dh$ , м, визначаємо залежно від довжини розгону хвилі  $L$ , м, глибини води у водосховищі  $H$ , м, і швидкості вітру  $V$ , м/с.

Під час виконання кожного статистичного випробування, враховуючи статистичну незалежність осередків землетрусів, задаємось випадковою щорічною ймовірністю сейсмічних впливів  $pJr$ , які розподілені від 0 до 1.

За значенням  $pJr$  визначаємо квантиль – бальність землетрусів  $Jr$ , бали. Здійснюємо перерахунок бальності землетрусів для району розташування гідровузла і обираємо найбільше значення для даного гідровузла. Виконуємо уточнення бальності землетрусу з урахуванням мікрорайонування місця розташування гідровузла.

Виконуємо перерахунок ординат кривої розподілу щорічного максимального сейсмічного впливу  $Jr$  у криву розподілу максимального сейсмічного впливу  $J$  за призначений строк експлуатації.

Будуємо ймовірнісну криву розподілу розрахункової амплітуди прискорення основи  $\alpha_0$ , (у частках  $g$ ) від максимальної бальності землетрусів  $J$ , бали за призначений строк служби.

Сейсмічний вплив на бетонну гравітаційну греблю визначаємо у вигляді сукупностей таких навантажень: інерційні сили розподілені по об'єму споруди, сейсмічний гідродинамічний тиск води на

поверхню споруди, гідродинамічний тиск від сейсмічних хвиль, які виникають на поверхні водосховища під час землетрусів.

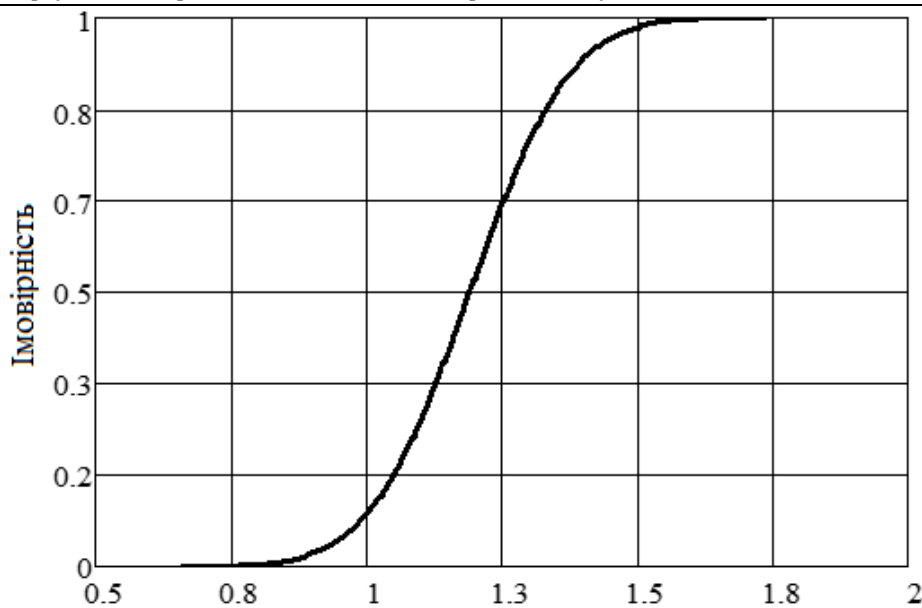
Інерційні сейсмічні навантаження визначено за статичною теорією сейсмостійкості, згідно з якою споруда вважається такою, що не деформується, а під час землетрусу коливається із такими ж параметрами, що й ґрунти основи.

Імовірнісна крива розподілу горизонтального інерційного сейсмічного навантаження  $S$ , кН, будується залежно від розрахункової амплітуди прискорення основи  $\alpha_0$ , (у частках  $g$ ).

Імовірнісну криву розподілу горизонтальної проекції сейсмічної гідродинамічної сили тиску води  $E_{psg}$ , кН, будуємо залежно від розрахункової амплітуди прискорення основи  $\alpha_0$  (у частках  $g$ ) і визначаємо сейсмічний гідродинамічний тиск води.

Характеристики ґрунтів основи задані випадковими величинами відповідно до норм проектування основ гідротехнічних споруд [28]. Коефіцієнт внутрішнього тертя  $tg\phi$  і питоме зчеплення  $c$  задані за нормальним законом як випадкові корельовані величини. Такі корельовані величини підпорядковуються нормальному закону, який визначається п'ятьма параметрами, визначеними нижче: математичні очікування  $m_{tg\phi} = 1.19$ ,  $m_c = 300$  кПа; середньоквадратичні відхилення  $\sigma_{tg\phi} = 0.145$ ,  $\sigma_c = 36.6$ ; коефіцієнт кореляції  $r_{tg\phi c} = 0.9756$ . Визначається кореляційний момент  $K_{tg\phi c} = 0.184$ . Коефіцієнт варіації прийнято  $C_v = 0.122$  [28].

Задаємось випадковою ймовірністю величини коефіцієнта внутрішнього тертя  $ptg\phi$ , розподіленою від 0 до 1. За нормальним законом розподілу із наведеними вище параметрами  $m_{tg\phi}$ ,  $\sigma_{tg\phi}$  обчислюємо квантиль – значення коефіцієнта внутрішнього тертя  $tg\phi$ . Визначаємо параметри умовного закону розподілу  $m_{tg\phi c}$ ,  $\sigma_{tg\phi c}$ . За відомою ймовірністю величини питомого зчеплення  $p_c$ , із використанням умовного закону розподілу визначаємо квантиль – значення величини питомого зчеплення  $c$ , кПа. Графік ймовірності розподілу міцності скельного ґрунту під час стискання наведено на рис. 5.



**Міцність скельного ґрунту при стисканні**

Рис. 5. Графік ймовірності розподілу міцності скельного ґрунту під час стискання,  $R_m$ , Па

Згідно з методом Монте-Карло виконується  $N$  статистичних випробувань. Для кожного випробування виконуються розрахунки згідно з наступним алгоритмом:

1. Задаємося випадковими ймовірностями розрахункових навантажень: горизонтальним гідростатичним тиском з боку верхнього б'єфа  $P_{Ww}$ , тиском наносів  $P_{Png}$ , хвильовим тиском  $P_{Pw}$ , фільтраційним протитиском  $P_{Wfc}$ , сейсмічним впливом  $P_S$ .

2. Задаємося випадковими ймовірностями міцності бетону на стискання  $P_{Rb}$ , міцності скельної основи  $P_{Rm}$ , параметрами опору зсуву контакту греблі з основою  $P_{tg\phi}$  та питомим зчепленням контакту греблі з основою  $P_c$ .

3. За відомими значеннями  $P_{Ww}$ ,  $P_{Png}$ ,  $P_{Pw}$ ,  $P_S$ ,  $P_{Wfc}$  та за відомими законами розподілу відповідних випадкових величин знаходяться квантілі – випадкові значення навантажень  $W_w$ ,  $P_{ng}$ ,  $P_w$ ,  $S$ ,  $E_{psg}$ ,  $E_{psn}$ ,  $W_{fc}$ .

4. За відомим значенням  $P_{Rm}$ ,  $P_{Rb}$ ,  $P_c$ ,  $P_{tg\phi}$  та за відомими законами розподілу відповідних випадкових величин знаходяться квантілі – випадкові значення міцності бетону на стискання  $R_b$ , випадкове значення міцності скельного ґрунту на зминання  $R_m$ , випадкове значення параметру опору зсуву контакту греблі з основою  $tg\phi$ , випадкове значення питомого зчеплення контакту греблі з основою  $c$ .

5. Виконуємо розрахунки з отримання оцінки міцності бетону тіла греблі.

5.1. За відомими значеннями навантажень  $W_w$ ,  $P_{ng}$ ,  $P_w$ ,  $S$ ,  $E_{psg}$ ,  $E_{psn}$  визначаємо випадкові значення зусиль  $N$ ,  $M$  та ексцентриситету  $e_0$  у розрахункових перерізах тіла греблі.

5.2. Визначаємо випадкові значення вертикальних напружень  $\sigma$  та головних стискаючих напружень  $\sigma_3$  поблизу низової грані греблі за формулами:

Визначаючи максимальні нормальні напруження треба враховувати значення ексцентриситету:

$$e_0 = \frac{M}{N}. \quad (1)$$

Ймовірнісне значення максимальних нормальних напружень для кожного розрахункового перерізу визначаються методом опору матеріалів за формулою позacentрового стискання.

Якщо  $e_0 \leq \frac{1}{6} \cdot b_d$ , тоді

$$\sigma = \frac{N}{b_d} + \frac{6 \cdot M}{b_d^2}, \quad (2)$$

де  $b_d$  – ширина розрахункового горизонтального перерізу, м.

Якщо  $\frac{1}{6} \cdot b_d \leq e_0 \leq \frac{1}{2} \cdot b_d$ , тоді

$$\sigma = \frac{4}{3} \cdot \frac{N}{b_d - 2 \cdot e_0}. \quad (3)$$

Якщо  $e_0 \geq \frac{b_d}{2}$ , тоді

$$\sigma = \infty. \quad (4)$$

За знайденим значенням напруження  $\sigma$  визначається ймовірнісне головне стискаюче напруження  $\sigma_3$  на низовій грані греблі за наступною формулою:

$$\sigma_3 = (1 + m_u) \cdot \sigma, \quad (5)$$

де  $m_u$  – закладання грані з боку верхнього б'єфа, м.

5.3. За знайденими значеннями випадкової ймовірності  $P_{Rb}$  із використанням закону розподілу міцності бетону знаходиться квантілі – випадкова величина міцності бетону  $R_b$ .

5.4. Перевіряється виконання умови міцності бетону за формулою  $\frac{|\sigma_3|}{R_b} \leq 1$  де  $R_b$  – розрахунковий опір бетону на стискання.

6. Виконуються розрахунки з отримання оцінки міцності контактного перерізу та основи.

6.1. За відомими значеннями навантажень  $W_w$ ,  $P_{ng}$ ,  $P_w$ ,  $S$ ,  $E_{psg}$ ,  $E_{psn}$ ,  $W_{fc}$  та  $R_m$  визначаємо положення

та розміри майданчика зминання, а також положення його центра ваги.

6.2. За відомими значеннями навантажень  $W_w$ ,  $P_{ng}$ ,  $P_w$ ,  $S$ ,  $E_{psg}$ ,  $E_{psn}$ ,  $W_{fc}$  визначаємо випадкові значення зусиль  $N$ ,  $M$  та ексцентриситету  $e_0$  у контактному перерізу греблі.

6.3. Визначаємо випадкові значення вертикальних напружень  $\sigma$  та головних стискаючих напружень  $\sigma_3$  у контактному перерізі греблі поблизу низової грані за формулами (2) – (5).

6.4. Перевіряється виконання умови міцності контактного перерізу за формулою  $\frac{|\sigma_3|}{R_b} \leq 1$ .

6.5. Перевіряється виконання умови міцності скельної основи за формулою  $\frac{\sigma_0}{R_m} \leq 1$ .

7. Виконуються розрахунки щодо оцінки стійкості греблі проти перекидання.

7.1. Визначається значення моментів що утримують греблю  $M_r$  та моментів, що перекидають її  $M_t$  відносно центра ваги майданчика зминання.

7.2. Перевіряється виконання умови стійкості греблі проти перекидання за формулою  $M_t \leq M_r$ .

7.3. Виконуються розрахунки щодо оцінки стійкості греблі проти зсуву.

7.4. За відомими значеннями навантажень від власної ваги, фільтраційного та важувального протитисків знаходяться значення сили  $V$ , а також сили  $R$  із урахуванням параметрів  $tg\varphi$  та  $c$ .

7.5. За відомими значеннями навантажень  $W_w$ ,  $P_{ng}$ ,  $P_w$ ,  $S$ ,  $E_{psg}$ ,  $E_{psn}$  визначається значення сили зсуву  $F$ .

7.6. Перевіряється виконання умови стійкості греблі проти зсуву за формулою  $F \leq R$ .

8. Після виконання усіх  $N$  статистичних випробувань виконуються наступні розрахунки:

8.1. Визначається кількість випробувань  $n_b$ , при яких не виконується умова  $\frac{|\sigma_3|}{R_b} \leq 1$ , і визначається ймовірність втрати міцності бетону тіла греблі як відношення  $P_b = \frac{n_b}{N}$ .

8.2. Визначається кількість випробувань  $n_p$ , при яких не виконується умова  $\frac{|\sigma_3|}{R_b} \leq 1$ , і визначається ймовірність втрати міцності контактного перерізу як відношення  $P_p = \frac{n_p}{N}$ .

8.3. Визначається кількість випробувань  $n_o$ , при яких не виконується умова  $\frac{\sigma_0}{R_m} \leq 1$ , і визначається ймовірність втрати міцності основи як відношення  $P_o = \frac{n_o}{N}$ .

8.4. Визначається кількість випробувань  $n_m$ , при яких не виконується умова  $M_t \leq M_r$ , і визначається ймовірність втрати стійкості греблі проти перекидання як відношення  $P_M = \frac{n_m}{N}$ .

8.5. Визначається кількість випробувань  $n_c$ , при яких не виконується умова  $F \leq R$ , і визначається ймовірність втрати стійкості греблі проти зсуву як відношення  $P_c = \frac{n_c}{N}$ .

9. Визначається кількість випробувань  $n$ , при яких не виконується хоча б одна із умов та визначається узагальнений ризик (узагальнена ймовірність) виникнення аварії на бетонній гравітаційній греблі, яка пов'язана з настанням хоча б одного з межових станів за наступною формулою:

$$P_u = \frac{n}{N} \quad (6)$$

Необхідно зазначити, що для отримання достатньо достовірних ймовірностей досягнення граничних станів потрібно виконати досить велику кількість статистичних випробувань, яка може складати мільйони та десятки мільйонів випробувань.

Визначаємо щорічний ризик настання аварії на бетонній гравітаційній греблі на скельній основі в результаті реалізації подій, які відповідають розглянутим граничним станам пов'язаним із: втратою стійкості греблі проти зсуву  $P_c$ , вичерпанням міцності бетону на стискання  $P_b$ , перевищенням межової глибини зони розтягання у горизонтальних перерізах тіла греблі у верховій грані та в перерізі по контакту греблі з основою  $P_o$ , із втратою стійкості греблі проти перекидання  $P_M$ , вичерпанням міцності контактного перерізу  $P_p$  за наступною формулою:

$$P = 1 - (1 - P_u)^{\frac{1}{T}} \quad (7)$$

Необхідну кількість випробувань визначаємо за наступною формулою:

$$N_n = 400 \cdot ta^2 \cdot \frac{1 - P_u}{P_u} \quad (8)$$

де  $ta$  – аргумент функції нормального розподілу, значення якого відповідає ймовірності  $0.5 \cdot (1 + \alpha)$ ,  $ta = 1.960$ .

де  $\alpha$  – значення довірчої ймовірності,  $\alpha = 0.95$ .

Визначаємо довірчий інтервал ймовірності виникнення аварії:

– верхня межа довірчого інтервалу:

$$P_{ut} = P_u + ta \cdot \sqrt{\frac{P_u \cdot (1 - P_u)}{N_n}} \quad (9)$$

– нижня межа довірчого інтервалу:

$$P_{ub} = P_u - ta \cdot \sqrt{\frac{P_u \cdot (1 - P_u)}{N_n}} \quad (10)$$

У результаті виконання розрахунків цієї греблі за нормативним детерміністичним методом граничних станів для усіх розрахункових випадків, які було розглянуто, отримано значення коефіцієнтів запасу міцності бетону тіла греблі, міцності контактного перерізу, міцності скельної основи, стійкості греблі проти перекидання та зсуву. Отримані значення коефіцієнтів запасу перевищують необхідні за нормами проектування значення для усіх розрахункових випадків.

Згідно з наведеним алгоритмом розроблено комп'ютерну програму «Визначення ризику (ймовірності) виникнення аварій на високій бетонній

гравітаційній греблі на скельній основі». Ця програма розроблена у рамках програмного комплексу MathCad.

З використанням розробленої комп'ютерної програми виконано розрахунок щодо визначення ризику (ймовірності) виникнення аварій на бетонній гравітаційній греблі Дніпровського гідровузла класу відповідальності ССЗ [30]. Визначено необхідну кількість статистичних випробовувань, а саме  $0.9 \cdot 10^6$ , за умовою забезпечення достовірних значень розрахункових ймовірностей. Результати розрахунків наведено у табл. 1.

Таблиця 1

**Значення ризику виникнення аварій на бетонній гравітаційній греблі класу відповідальності ССЗ Дніпровського гідровузла**

Вид аварії	Розрахункові значення ймовірності виникнення аварії на греблі	
	за весь строк служби	щорічні
Втрата міцності контактного перерізу $P_p$	$4.90 \cdot 10^{-4}$	$4.90 \cdot 10^{-6}$
Втрата стійкості греблі проти зсуву $P_c$	$0.90 \cdot 10^{-3}$	$0.90 \cdot 10^{-5}$
Втрата міцності бетону тіла греблі $P_b$	$1.90 \cdot 10^{-5}$	$1.90 \cdot 10^{-7}$
Втрата міцності основи $P_o$	$1.50 \cdot 10^{-6}$	$1.50 \cdot 10^{-8}$
Втрата стійкості греблі проти перекидання $P_m$	$1.60 \cdot 10^{-6}$	$1.60 \cdot 10^{-8}$
Узагальнена ймовірність виникнення аварії $P$	$0.90 \cdot 10^{-3}$	$0.90 \cdot 10^{-5}$

**Висновки і пропозиції.** Було виконано розрахунки щодо оцінки надійності і безпеки високої бетонної гравітаційної греблі на скельній основі Дніпровського гідровузла. Розрахунки були виконані за нормативним детерміністичним методом граничних станів та за допомогою ймовірнісного методу теорії надійності складних технічних систем. Визначено значення узагальненого щорічного ризику (щорічної ймовірності) виникнення аварії на цій греблі, який складає  $0.9 \cdot 10^{-5}$  1/рік при допустимому нормативному значенні  $5 \cdot 10^{-5}$  1/рік.

Запропонований метод може бути використаний під час розрахунків інших бетонних гравітаційних гребель на скельній основі.

#### Список літератури:

1. Агафонова Л. М. Изучение скальных оснований ГТС / Л. М. Агафонова. // Труды Гидропроекта. – 1966. – №14 – С. 218–222.
2. ICOLD. Ageing of dams and appurtenant works. Bulletin. – Paris, France, 1994. – № 93. – 210 p.
3. ICOLD. Dam failures – Statistical Analysis. Bulletin. – Paris, France, 1995. – № 99. – 73 p.
4. ICOLD. Dams less than thirty metres high-cost savings and safety improvement. Bulletin – Paris, France, 1997. – № 109. – 171 p.
5. ICOLD. The use of risk analysis to support dam safety decisions and management. Trans. of the 20–th Int. Congress on Large Dams. – Beijing, China, 2000. – Vol. 1. – P. 19–22.
6. Kreuzer H. A. Probability based evaluation of the safety and risk of existing dams / H. Kreuzer, K. A. Bury // Proc. Of the Int. Conf. on Safety Dams Coimbra. – 1984. – P. 61–67.

7. Kreuzer H. Uncertainty in the assessment of failure probabilities / H. Kreuzer. // Hydropower&Dams. – 2003. – Issue 6. – P. 20–25.

8. Modarres M. Reliability engineering and risk analysis: a practical guide / M. Modarres, M. Kaminskiy, V. Krivtsov. – New York: Marcel Dekker, 1999. – 542 p.

9. Modarres M. What every engineer should know about reliability and risk analysis / M. Modarres. – New York: Marcel Dekker, 1993. – 350 p.

10. Стефанишин Д. В. Прогнозирование аварийности проектируемых и строящихся плотин на основе результатов статистического анализа произошедших аварий / Д. В. Стефанишин. // Изд-во «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева». – 2008. – Т.251. – С. 3–9.

11. Стефанишин Д. В. Статистичні оцінки аварійності гребель / Д. В. Стефанишин // Вісник НУВГП. Зб. наук. Праць. – 2006. – Вип.3 (35). – С. 111–117.

12. Berga L. Dam safety: proceedings of the international symposium on new trends / L. Berga. – Rotterdam: Balkema. – 1998. – Vol. 2. – 1588 p.

13. Brown A. J. Interim guide to quantitative risk assessment for UK reservoirs / A. J. Brown, J. D. Gosden. – London: Thomas Telford Publishing, 2004. – 161 p.

14. Вайнберг А. И. Надежность и безопасность гидротехнических сооружений / А. И. Вайнберг. – Харьков Тяжпромавтоматика, 2008. – 304 с.

15. Мозговий А.О. Дослідження кореляційної залежності максимальних витрат р. Дніпро за статистичними даними спостережень у створах гідровузлів Дніпровського каскаду // Науковий вісник будівництва, вип.65. Харків: ХДТУБА, 2011. – С. 364–370.

16. Мозговий А.О. Імовірнісна оцінка ризику втрати стійкості проти зсуву бетонних гребель гідровузлів Дніпровського каскаду // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Збірник наукових праць. Технічні науки. Випуск 2(62). – Рівне: Вид-во НУВГП, 2013. С. 154–165.
17. Мозговий А.О. Оцінка надійності гребель із ґрунтових матеріалів за критерієм переливу води через гребінь греблі // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Випуск № 49. Частина 2. – Одеса: Вид-во ОДАБА, 2013. С. 178–184.
18. Мозговий А.О. Імовірнісна оцінка надійності монтажних майданчиків будівель гідроелектростанцій за критеріями втрати стійкості проти зсуву і спливання на прикладі гідровузлів Дніпровського каскаду // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. Випуск № 161. – Харків: Вид-во УкрДУЗТ, 2016. С. 90–101.
19. Мозговий А.О. Імовірнісна оцінка надійності шлюзів на нескельовій основі за критеріями міцності і стійкості проти зсуву камер шлюзів на прикладі гідровузлів Дніпровського каскаду // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. Випуск № 165. – Харків: Вид-во УкрДУЗТ, 2016. С. 99–109.
20. Мозговий А.О. Імовірнісна оцінка надійності греблі із ґрунтових матеріалів гідровузла ГЕС Тхакмо у В'єтнамі за критерієм переливу води через гребінь греблі // Науковий вісник будівництва, том 86, № 4. Харків: ХДТУБА, 2016. – С. 122–127.
21. Methodology for a probabilistic analysis of an RCC gravity dam construction. Modelling of temperature, hydration degree and ageing degree fields / A. Gaspar, F. Lopez-Caballero, A. Modaressi-Farahmand-Razavi [and others] // *Engineering Structures*. – 2014. – Vol. 65. – P. 99–110.
22. A continuous Bayesian network for earth dams' risk assessment: methodology and quantification / O. Morales-Nápoles, D. J. Delgado-Hernández, D. De-León-Escobedo [ and others ] // *Structure and Infrastructure Engineering*. – 2014. – Vol. 10. – Issue 5. – P. 589–603.
23. Penalty function-based method for obtaining a reliability indicator of gravity dam stability / Y. Li, Y. Sun, B. Li [ and others ] // *Computers and Geotechnics*. – 2016. – Vol. 81. – P. 19–25.
24. Calamak M. Probabilistic assessment of slope stability for earth-fill dams having random soil parameters / M. Calamak, A.M. Yanmaz // 11th National Conference on Hydraulics in Civil Engineering & 5th International Symposium on Hydraulic Structures: Hydraulic Structures and Society-Engineering Challenges and Extremes. — Engineers Australia: 2014. – P. 34.
25. Alembagheri M. Seismic performance sensitivity and uncertainty analysis of gravity dams / M. Alembagheri, M. Seyedkazemi // *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*. – 2015. – Vol. 44. – Issue 1. – P. 41–58.
26. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / [В. Н. Гордеев, А. В. Перельмутер, С. Ф. Пичугин и др.]. – К.: Сталь, 2005. – 478 с.
27. Вероятностные методы оценки надёжности грунтовых ГТС / [Е. А. Беллендир, Д. А. Ивашинцов, Д. В. Стефанишин и др.]. – СПб.: Изд-во ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», 2003. – Т. 1 – 555 с.
28. Надёжность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений / А. Б. Векслер, Д. А. Ивашинцов, Д. В. Стефанишин. – СПб.: Изд-во «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева», 2002. – 592 с.
29. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений: СНиП 2.06.08–87. – [Действует от 1988-01-01] – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 32 с.
30. Балабай Е. А. Вероятностная оценка риска возникновения аварий на бетонных гравитационных плотинах на скальном основании / Е. А. Балабай // *Зб. наук. пр. УкрДУЗТ*. – 2015. – №157.– С. 86–92.



## **ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**Zalygina E.V.**

*Competitor of the Department of General and Clinical Pharmacy,  
SE «Dnipropetrovsk Medical Academy of Ministry of Health of Ukraine»*

**Koshova I.P.**

*Teacher of the Department of General and Clinical Pharmacy,  
SE «Dnepropetrovsk Medical Academy of Ministry of Health of Ukraine»*

**Podpletnyaya E.A.**

*Doctor of pharmacy, professor,  
SE «Dnipropetrovsk Medical Academy of Ministry of Health of Ukraine»*

**Залыгина Евгения Владимировна**

*Соискатель кафедры общей и клинической фармации,  
ГУ «Днепропетровская медицинская академия МОЗ Украины»*

**Кошова Ирина Петровна**

*Преподаватель кафедры общей и клинической фармации,  
ГУ «Днепропетровская медицинская академия МОЗ Украины»*

**Подплетняя Елена Анатольевна**

*Доктор фармацевтических наук, профессор,  
ГУ «Днепропетровская медицинская академия МОЗ Украины»*

### **ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF THICK AQUEOUS-ALCOHOLIC EXTRACT OF UNRIPE WALNUT FRUITS.**

### **ПРОТИВОМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ ГУСТОГО ВОДНО-СПИРТОВОГО ЭКСТРАКТА НЕЗРЕЛЫХ ПЛОДОВ ОРЕХА ГРЕЦКОГО.**

**Summary:** Infectious diseases of the gastrointestinal tract are among the most common infectious diseases in the world.

The aim of our work to conduct studies of the antimicrobial activity of thick aqueous-alcoholic extract of the unripe fruits of walnut against the most common pathogens of infectious diseases of the gastrointestinal tract.

The objects of the study was the thick aqueous-alcoholic extract of the unripe fruits of walnut (ethyl alcohol extractant 30%).

Preparations comparisons were chosen: levofloxacin, tetracycline, erythromycin and Altan.

The antimicrobial activity of the extract was evaluated by the minimum inhibitory concentration and the lowest concentration causing a bactericidal effect. The studies were conducted by the method of production doestions.

As a result, it was found that the analyzed extract exhibits a significant antimicrobial activity, comparable in strength to synthetic antibacterial agents and broad-spectrum effect on plant exceeding the reference-drug Altan. These results provide basis for further study of the pharmacological properties and the extract analyzed suggest a promising tool for prevention and comprehensive treatment of infections of the gastrointestinal tract, and the creation of drugs based on it expedient.

**Key words:** Extract thick, walnut, antimicrobial activity, unripe fruits, aqueous-alcoholic extract

**Аннотация:** Инфекционные заболевания желудочно-кишечного тракта являются одними из наиболее распространенных инфекционных заболеваний в мире.

Цель нашей работы провести исследования противомикробной активности густого водно-спиртового экстракта из незрелых плодов ореха грецкого в отношении наиболее распространенных возбудителей инфекционных заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Объектами исследования стал водно-спиртовой (экстрагент спирт этиловый 30%) густой экстракт из незрелых плодов ореха грецкого.

Препаратами сравнения были выбраны: левофлоксацин, тетрациклин, эритромицин и альтан.

Противомикробную активность экстракта оценивали по минимальной ингибирующей концентрации и наименьшей концентрации, вызывающей бактерицидный эффект. Исследования проводились методом серийных разведений.

В результате было установлено, что исследуемый экстракт проявляет значительную противомикробную активность, сопоставимую по силе с синтетическими антибактериальными препаратами широкого спектра действия и превышающую по действию растительный референс-препарат альтан. Полученные результаты дают предпосылки для дальнейшего исследования фармакологических свойств и позволяют

считать исследуемый экстракт перспективным средством для профилактики и комплексной терапии инфекций желудочно-кишечного тракта, а создание лекарственных препаратов на его основе целесообразным.

*Ключевые слова:* Экстракт густой, орех грецкий, противомикробная активность, незрелые плоды, экстракт водно-спиртовой

Не вызывает сомнения то, что на данный момент заболевания желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) занимают лидирующие позиции по распространенности среди всех групп населения. Постоянный рост заболеваемости связывают с множеством факторов, среди которых выделяют неправильное питание, курение, приём алкоголя и наркотиков, использование лекарственных средств, стрессы, экологическое неблагополучие, а также генетическую предрасположенность [1,2,3]. Согласно статистике в регулярных консультациях гастроэнтеролога в той или иной степени нуждается 95% всего населения.

Все заболевания ЖКТ в зависимости от причины возникновения можно разделить на 2 большие группы: инфекционные и неинфекционные. Среди заболеваний бактериальной этиологии выделяют инфекции ороцервикальной области, инфекции желудка (гастрит, язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки), инфекции кишечника (энтерит и энтероколит) [4].

Инфекции кишечной локализации такие как дизентерия, холера, сальмонеллез, брюшной тиф, паратифы А и В, ботулизм, пищевые токсикоинфекции, амебиаз, энтеро- и ротавирусная инфекции составляют более чем 25% всех инфекционных заболеваний человека [5].

Согласно статистическим данным за последние годы возрос уровень заболеваемости острыми кишечными инфекциями стафилококковой этиологии и в данный момент находится в диапазоне 17,1-20,3 на 100 тыс. населения [6,7].

Наиболее частой причиной пищевых токсикоинфекций сальмонеллезной этиологии остается *Salmonella typhimurium*. Способностью к инвазии в клетках эпителия и поражению слизистой оболочки толстого и дистального отдела тонкого кишечника, помимо сальмонелл, обладают также энтероинвазивные *E.coli* и *Shigella* spp. В свою очередь последние являются возбудителями дизентерии (шигеллеза). Наиболее устойчивым является вид *Shigella sonnei*, наименее — *Shigella dysenteriae*. Шигеллы являются распространенной причиной пищевых интоксикаций и занимают третье место (после сальмонеллы и кампилобактера) по количеству заболевших и госпитализированных. Также следует заметить, что повышенное содержание *Shigella* spp. обнаруживается в тканях аденом у больных колоректальным раком [8].

Среди причин пищевых интоксикаций второе место по количеству заболевших и госпитализированных (после сальмонеллы) и третье (после сальмонеллы и листерии) по количеству умерших занимает бактерия *Campylobacter*. Чаще всего проявлением инфекционного поражения ЖКТ кампилобактером является гастроэнтерит.

Из рода *Campylobacter* был выделен род *Helicobacter*, а впоследствии, в 1991 г. выделен отдельный вид *Helicobacter pylori*, который на данный момент считают одним из основных этиологических факторов развития хронического гастрита, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, аденокарциномы и лимфомы желудка [9-15].

Одной из повсеместно распространенных инфекций, которая может вызвать поражение любого отдела пищеварительной системы, начиная с ротоглотки и кончая прямой кишкой, является *P. aeruginosa*. Согласно эпидемиологическим исследованиям в 15-20% случаев она является причиной всех внутрибольничных инфекций.

На фоне нарушений в иммунной системе организма и бесконтрольного приема антибиотиков широкого спектра действия для иррадиации патологических бактерий, увеличивается рост и распространение дрожжеподобных грибов рода *Candida* с кишечника на желудок, ротовую полость и пищевод, что в результате приводит к системному кандидозу ЖКТ [16-17].

Несмотря на достаточную распространенность инфекционных заболеваний ЖКТ, до сих пор не найдено оптимального решения вопроса их безопасности и эффективной фармакологической коррекции, соответственно, остается актуальной разработка новых лекарственных средств с противомикробными свойствами.

Наиболее привлекательными с точки зрения оптимального соотношения эффективности и безопасности остаются лекарственные средства природного происхождения, что связано с содержанием в них комплекса биологически активных веществ (БАВ), действие которых обуславливает широкий спектр действия и низкую токсичность [18-20].

Проанализировав химический состав лекарственного растительного сырья (ЛРС) ореха грецкого, мы обратили внимание на такие фармакологически активные вещества как гидролизованные танины и димеры, производные элаговой кислоты, производные декарбоксилированных кислот, нуклеиновые кислоты, аминокислоты [21-24], которые с одной стороны являются относительно безопасными, а с другой - интересными с точки зрения профилактики и комплексной терапии инфекционных заболеваний ЖКТ.

Анализируя источники литературных данных, мы обратили внимание на указание некоторых авторов касательно антистафилококковой активности экстрактов ореха грецкого. Такую противомикробную активность они связывают с наличием плюмбагина, юглона, менадиона и лаусонома, объясняя

способностью амидных производными нафтохинона разрушать клеточную стенку грамположительных бактерий, в том числе метициллин-резистентных *Staphylococcus aureus*, а при совместном применении с оксациллином *in vitro* ликвидировать резистентность данных микроорганизмов к этому антибактериальному препарату. Также было описано, что данные вещества проявляют противогрибковое действие в отношении патогенной флюконазол резистентной *Candida albicans* в методе диффузных разведений [6,25].

Известно, что густые экстракты листьев ореха грецкого обладают противомикробным действием в отношении энтеробактерий, золотистого стафилококка, синегнойной палочки, а экстракты коры изменяют pH слюны и обладают широким спектром антимикробной активности в отношении грамположительных (*Staphylococcus aureus* и *Streptococcus mutans*), грамотрицательных бактерий (*Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa*) и патогенных дрожжевых грибов (*Candida albicans*) [26].

Спектр микрофлоры, чувствительной к тому или иному экстракту зависит не только от выбранного ЛРС, с индивидуальным, присущим только ему химическим составом БАВ, но и от характера используемого экстрагента. Например, спиртовые экстракты имеют антибактериальное действие преимущественно на *Streptococcus mutans*, *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus sanguis* и *Staphylococcus aureus*. В то время как протимикробное действие водного экстракта, помимо вышеперечисленных микроорганизмов, распространяется и на *Lactobacillus casei*, *Actinomyces viscosus*, а фунгицидное - на *Microsporum canis*, *Trichophyton violaceum* и *Trichophyton mentagrophytes* [6-7,16-17,25-26].

Несмотря на большой арсенал современных синтетических антибактериальных лекарственных препаратов с широким спектром противомикробной активности, распространенность инфекционных заболеваний ЖКТ продолжает занимать лидирующие позиции среди общего числа инфекционных заболеваний, а резистентность микроорганизмов к противомикробным препаратам постепенно продолжает расти. Разорвать этот порочный круг возможно препаратами природного происхождения с оптимально сбалансированным составом БАВ, широким спектром антибактериальной активности и высоким профилем безопасности.

Опыт народной медицины и анализ данных литературных источников, позволяют сделать вывод, что среди большого разнообразия флоры Украины есть растение – орех грецкий, произрастающее в достаточном количестве и отвечающее всем вышеперечисленным требованиям [27].

Именно поэтому **целью нашего исследования** стало изучение противомикробной активности экстракта густого водно-спиртового незрелых плодов ореха грецкого (ЭГВС-30). **Объектом исследования** является водно-спиртовой (экстрагент спирт этиловый 30%) густой экстракт из незрелых плодов

ореха грецкого, который был нами получен совместно с учеными НФаУ (под руководством проф. Георгиянц В.А.) и стандартизован по содержанию юглона методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

**Материалы и методы.** Критериями активности того или иного препарата выступают минимальная ингибирующая концентрация (МИК) - наименьшая концентрация препарата, которая тормозит рост тест-культур и минимальная бактерицидная концентрация (МБК) - наименьшая концентрация препарата, вызывающего бактерицидный эффект. МБК выражается в мг/л или мкг/мл, которая вызывает полную гибель стандартных тест-штаммов бактерий. Определение МИК и МБК для ЭГВС-30 и оценку его антибактериальной активности проводили при консультационной поддержке к.мед.наук Кошевой И.П. на кафедре микробиологии, вирусологии, иммунологии и эпидемиологии ГУ «ДМА МЗ Украины». В качестве тест-культур использовали музейные штаммы: *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 27853, *Candida albicans* 690. Для исследования антибактериального действия ЭГВС-30 методом серийных разведений в агаре использовали в качестве тест - культур *Salmonella typhimurium* № 532, *Shigella flexneri* 1a № 8516, *Shigella sonnei* 2K колицинотип 1, *Campylobacter* № 108, предоставленные центральной бактериологической лабораторией г. Днепропетровска.

Исследования МИК и МБК проводились методом серийных разведений в бульоне в соответствии с методическими рекомендациями МО 9.9.5 - 143 - 2007 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам», утвержденных приказом МЗ Украины от 05.04.2007, №167.

Питательный бульон для определения чувствительности разливали по 0,5 мл в каждую пробирку. Количество пробирок определяется необходимым диапазоном разведений антибиотика и увеличивается на одну для постановки "негативного" контроля.

Рабочий раствор готовили из основного раствора ЭГВС-30 с использованием жидкой питательной среды. Концентрацию рабочего раствора рассчитывали исходя из необходимой максимальной концентрации в ряду серийных разведений, учитывая фактор разведения препарата при дальнейшей инокуляции. Затем рабочий раствор в количестве 0,5 мл с помощью микропипетки со стерильным наконечником вносили в первую пробирку, содержащую 0,5 мл бульона. Тщательно перемешивали и новым стерильным наконечником переносили 0,5 мл исследуемого раствора в бульоне во вторую пробирку, содержащую сначала 0,5 мл бульона. Эту процедуру повторяли, пока не был приготовлен весь необходимый ряд разведений. С последней пробирки 0,5 мл бульона удаляли.

Таким образом, получался ряд пробирок с исследуемыми растворами ЭГВС-30, концентрации которых отличались в соседних пробирках в 2 раза.

Одновременно готовили дополнительные ряды серийных разведений ЭГВС-30 для тестирования контрольных штаммов. Серия разведений включала в себя пограничные концентрации и допустимые диапазоны МИК для контрольных штаммов.

0,5 мл инокулюма вносили в каждую пробирку, содержащую по 0,5 мл соответствующего разведения исследуемого вещества, и в одну пробирку с 0,5 мл питательного бульона без рабочего раствора ("отрицательный" контроль). Конечная концентрация микроорганизмов в каждой пробирке достигала необходимой - примерно  $5 \times 10^5$  КОЕ / мл. Инокулюм был внесен в пробирки с разведениями исследуемого вещества на протяжении 15 - 30 мин с момента приготовления.

Пробирки закрывали стерильными ватно-марлевыми пробками, и все пробирки с тестируемыми штаммами, кроме пробирки "негативный" контроль, инкубировали при нормальном давлении и температуре  $37^\circ\text{C}$  в течение 16-20 или 20-24 ч (в зависимости от вида тестируемого микроорганизма). Пробирку "негативный" контроль помещали в холодильник при  $4^\circ\text{C}$ , где хранили до учета результатов.

Для определения наличия роста микроорганизмов пробирки с посевами просматривались в проходящем свете. Рост культуры в присутствии ЭГВС-30 сравнивался с референтной пробиркой ("негативный" контроль), содержащей исходный инокулюм и хранилась в холодильнике. МИК определяется по наименьшей концентрации ЭГВС-30, подавляющей видимый рост микроорганизма.

Готовили двукратные разведения опытного образца на питательной среде, получали диапазон концентраций с 450 мкг/мл до 0,000107 мкг/мл. Эталонные тест - штаммы *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 27853 на среде Мюллер - Хинтон при  $37^\circ\text{C}$  в течение 24 ч. Для чистоты эксперимента использовали различные контроли роста.

Контроли, использованные в исследовании: контроль бульона на стерильность; контроль препарата на стерильность; контроль роста *S. aureus*; контроль роста *E. coli*; контроль роста *P. aeruginosa*; контроль роста *C. Albicans*.

Так как МИК отличается от МБК, дополнительно проводили посев на твердые питательные среды. Для оценки бактерицидного действия

ЭГВС-30 проводили определение МБК, путем посева по 0,1 мл из каждой пробирки с экстрактом на среду Мюллер - Хинтон и последующей инкубации при  $37^\circ\text{C}$  в течение 24 ч.

МБК исследуемого ЭГВС-30 к микроорганизмам устанавливали как наименьшую концентрацию, при которой отсутствовал рост на агаризованной среде Мюллер - Хинтон.

Учет результатов: для определения наличия роста микроорганизма пробирки с посевами просматривали в проходящем свете.

Для исследования антибактериального действия ЭГВС-30 методом серийных разведений в агаре использовали чистую суточную культуру микроорганизмов, выросших на плотных питательных средах. Для получения суточной культуры *Salmonella* и *Shigella* культивировали 24 часа на мясо-пептонном агаре при температуре  $37^\circ\text{C}$ , *Campylobacter* культивировали на кампилобакагаре 48 часов.

Среды готовили следующим образом: после автоклавирования колбы с питательной средой помещали на водяную баню при  $48-50^\circ\text{C}$ , где выдерживали до достижения указанной температуры, после чего в них асептически вносили рабочие растворы ЭГВС-30 (1 часть рабочего раствора на 9 частей расплавленного агара. Затем среду тщательно перемешивали и разливали по чашкам Петри, толщина слоя питательной среды составила 3-4 мм.

Концентрация рабочих растворов ЭГВС-30 составила от 100 мкг/мл до 6,25 мкг/мл. Посевы инкубировали при температуре  $37^\circ\text{C}$ .

Учет результатов проводили через 24 часа для *Salmonella* и *Shigella* и через 48 часов для *Campylobacter*.

Для инокуляции использовали стандартную микробную взвесь, эквивалентную 0,5 по стандарту Мак Фарланду, разведенную в 100 раз на питательном бульоне, после чего концентрация микроорганизмов в ней составляла примерно  $10^6$  КОЕ / мл.

#### Результаты и обсуждение

Выявлена антимикробная активность ЭГВС-30 к тест - штаммам микроорганизмов. Результаты исследования и наличие роста в пробирках с разведениями ЭГВС 30 в различных концентрациях приведены в таблице 1.

**Наличие роста микроорганизмов в пробирках в присутствии водных растворов густого водно-спиртового экстракта незрелых плодов ореха грецкого различной концентрации**  
(исходная концентрация образца 1500 мкг/мл)

№ пробы	Кратность разведения	Концентрация	Исследуемые культуры			
			<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>C. albicans</i>
1	2	750	-	-	-	-
2	4	375	-	-	-	-
3	8	187,5	-	-	-	-
4	16	93,75	-	-	-	-
5	32	46,875	-	-	-	-
6	64	23,4375	-	-	-	-
7	128	11,71875	-	-	-	-
8	256	5,859375	-	-	-	-
9	512	2,929688	-	-	±	-
10	1024	1,464844	-	-	+	-
11	2048	0,732422	-	±	+	-
12	4096	0,366211	±	+	+	-
13	8192	0,183105	±	+	+	-
14	16384	0,091553	+	+	+	±
15	32768	0,045776	+	+	+	+
16	65536	0,022888	+	+	+	+
17	131072	0,011444	+	+	+	+
18	262144	0,005722	+	+	+	+
19	524288	0,002861	+	+	+	+
20	1048576	0,001431	+	+	+	+
21	2097152	0,000715	+	+	+	+
22	4194304	0,000358	+	+	+	+

Примечание:

«-» - отсутствие видимого роста;

«+/-» - слабый рост;

«+» - наличие видимого роста.

Из таблицы 1 видно, что в исследовании оценки МИК водного раствора ЭГВС-30 с исходной концентрацией 1,5 мг/мл установлена МИК относительно *S. aureus* ATCC 25923 составляет 0,732422 мкг/мл, *E. coli* ATCC 25922 - 1,464844 мкг/мл, *P. aeruginosa* ATCC 27853 - 5,859375 мкг/мл, *C. albicans* - 0,183105 мкг/мл.

Результаты контроля: контроль бульона на стерильность - отсутствие роста; контроль препарата на стерильность - отсутствие роста; контроль роста *S. aureus* - наличие роста; контроль роста *E. coli* -

наличие роста; контроль роста *P. aeruginosa* - наличие роста.

Посевы контролей на плотные питательные среды с инкубацией 37,0 С в течение 24 ч подтвердил результаты контроля.

Результаты сравнения минимальной бактерицидной концентрации и минимальной ингибирующей концентрации представлены в сравнительной таблице 2.

Таблица 2

**Сравнительная концентрация МБК и МИК водных растворов густого водно-спиртового экстракта незрелых плодов ореха грецкого для тест-штаммов**

Тест-культура	МИК	МБК
<i>S. aureus</i>	0,7324	5,859375
<i>E. coli</i>	1,464844	46,875
<i>P. aeruginosa</i>	5,859375	>750
<i>C. albicans</i>	0,183105	1,464844

Из таблицы 2 видно, что МИК несколько отличается от МБК в сторону уменьшения и для *S. aureus* ATCC 25923 составляет 5,859375 мкг / мл, *E. coli* ATCC 25922 - 46,875 мкг / мл, *P. aeruginosa* ATCC 27853 -> 750 мкг / мл, *C. albicans* - 1,464844 мкг / мл.

Исследование антимикробной активности ЭГВС-30 методом серийных разведений в агаре проводили для тест-культур *Salmonella*

*typhimurium* № 532, *Shigella flexneri* 1a № 8516, *Shigella sonnei* 2K колицинотип 1, *Campylobacter* № 108, *S. aureus* ATCC, *E. coli* ATCC 25922, *P. aeruginosa* ATCC 27853. В качестве препаратов сравнения были использованы антибактериальные препараты левофлоксацин, тетрациклин, эритромицин и альтан. Результаты и использованные концентрации препаратов приведены в таблице 3.

Таблица 3

**Антимикробная активность водных растворов густого водно-спиртового экстракта незрелых плодов ореха грецкого и препаратов сравнения методом серийных разведений в агаре**

Тест-культуры микроорганизмов	Концентрация ЭГВС 30 (мкг/мл)					Концентрация препаратов сравнения			
	100	50	25	12,5	6,25	Альтан 10 мг/мл	Лев-флоксацин 5 мкг/мл	Тетрациклин 30 мкг/мл	Эритромицин 15 мкг/мл
<i>Salmonella typhimurium</i>	-	+/-	+	+	+	-	-	-	+
<i>Shigella flexneri</i>	-	-	+/-	+	+	-	-	-	+
<i>Shigella sonnei</i>	-	-	+/-	+/-	+	-	-	-	+
<i>Campylobacter</i>	-	-	-	+/-	+	+	-	+	-
<i>E. coli</i>	-	-	+/-	+	+	-	-	-	+
<i>P. aeruginosa</i>	-	-	+	+/-	+	+	-	+	+
<i>S. aureus</i>	-	-	-	+/-	+	-	-	-	-

Примечание:

«+» - рост тест-культур;

«+/-» - слабый рост;

«-» - отсутствие роста.

Установлено, что ЭГВС-30 в концентрации 100 мкг/мл и 50 мкг/мл подавляют рост всех штаммов тест-культур, за исключением культуры *Salmonella typhimurium*, которая дает слабый рост при концентрации 50 мкг/мл. Концентрация 25 мкг/мл ЭГВС-30 подавляет рост *Campylobacter* и слабо подавляет рост *Shigella flexneri* и *Shigella sonnei*. Более низкие концентрации ЭГВС-30 проявляют слабую антимикробную активность. Антибактериальный препарат левофлоксацин, использованный в качестве препарата сравнения показал высокую антимикробную активность в отношении всех тест-штаммов. Эритромицин показал слабую активность, по сравнению с ЭГВС-30, препарат альтан и тетрациклин показали антимикробную активность на уровне ЭГВС-30 в концентрации 50 мкг/мл.

Механизм противомикробного действия ЭГВС-30 мы связываем с содержанием в его составе достаточного количества дубильных веществ. В свою очередь танины за счет своих физико-химических свойств имеют возможность двумя путями влиять на размножение и рост микроорганизмов: с одной стороны влияя на клеточную стенку бактерий, а с другой – изменяя pH среды. Под влиянием pH среды изменяется активность ферментов клетки, соответственно и ее биохимическая и физиологическая активность, рост и размножение.

При колебании pH изменяется степень диссоциации веществ в среде, что сразу же отражается на обмене веществ в клетках бактерий. В кислой среде вегетативные клетки микроорганизмов становятся более уязвимыми. Особенно неблагоприятна такая среда для гнилостных бактерий и бактерий, вызывающих пищевые отравления. В то же время в кислой среде прекрасно растут и размножаются молочнокислые бактерии, такие как *Lactobacillus acidophilus*, которые, как известно, применяются в качестве пробиотиков. Живые лактобактерии продуцируют молочную кислоту, которая в свою очередь обеспечивает высокую кислотность среды и создает неблагоприятные условия для жизнедеятельности кислотоустойчивых патогенных и условно-патогенных бактерий (стафилококков, протеи, энтеропатогенной кишечной палочки).

Таким образом, БАВ входящие в состав ЭГВС-30 проявляют значительный антибактериальный эффект по отношению к патогенным и условно-патогенным бактериям, которые могут вызывать серьезные инфекционные процессы в ЖКТ, причем этот противомикробный эффект сравнимый по силе с синтетическими антибактериальными препаратами широкого спектра действия (левофлоксацин, тетрациклин, эритромицин). В то же время очень важно то, что эти природные компоненты не уби-

вают, а наоборот способствуют размножению кислomолочных бактерий, которые в свою очередь поддерживают оптимальный уровень pH среды и усиливают процессы иммунной защиты организма.

Следовательно, исследуемый ЭГВС-30 можно рассматривать как эффективное и безопасное противомикробное средство, восстанавливающее защитные механизмы организма человека для борьбы с инфекцией, что в свою очередь повышает иммунитет и снижает вероятность приобретения резистентности патогенными микроорганизмам.

### Выводы

Густой водно-спиртового экстракт незрелых плодов ореха грецкого в концентрации 100 мкг/мл и 50 мкг/мл подавляет рост штаммов тест-культур: *Shigella flexneri* 1a № 8516, *Shigella sonnei* 2K колицинотип 1, *Campylobacter* № 108, за исключением культуры *Salmonella typhimurium*, которая дает слабый рост при концентрации густого водно-спиртового экстракта незрелых плодов ореха грецкого 50 мкг/мл.

Концентрация густого водно-спиртового экстракта незрелых плодов ореха грецкого 25 мкг/мл подавляет рост *Campylobacter* и слабо подавляет рост *Shigella flexneri* и *Shigella sonnei*.

Густой водно-спиртовой экстракт незрелых плодов ореха грецкого в концентрации 50 мкг/мл показал сопоставимую антимикробную активность с препаратами сравнения.

Исследование минимальной ингибирующей концентрации и минимальной бактерицидной концентрации разведенного густого водно-спиртового экстракта незрелых плодов ореха грецкого показало довольно высокую активность в отношении тест-штаммов

*S. aureus* и *C. Albicans*. Выявленные антибактериальные свойства дают предпосылки для дальнейшего более детального исследования антибактериальных свойств густого водно-спиртового экстракта незрелых плодов ореха грецкого *in vivo*.

### Список литературы

1. Ивашкин В.Т. Гастроэнтерология. Национальное руководство / В.Т. Ивашкин, Т.Л. Лапина – М.; И ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 704 с.
2. Тутельян В.А. Научные основы здорового питания / В.А. Тутельян, А.И. Вялков, А.Н. Разумов и др. – М.; ИД «Панорама», 2010. – 816 с.
3. Ардатская М.Д. Клиническое применение пищевых волокон: [метод. пособие] / М. Д. Ардатская. – М.: 4ТЕ Арт, 2010. – 48 с.
4. Ахмедов В.А. Практическая гастроэнтерология: Руководство для врачей / В.А. Ахмедов – М.; И МИА, 2011. – 416 с.
5. Якубчик Т.Н. Клиническая гастроэнтерология / Т.Н. Якубчик – М.; И ГрГМУ, 2014. – 324 с.
6. Farooqui A. Synergistic antimicrobial activity of *Camellia sinensis* and *Juglans regia* against multi-drug-resistant bacteria / A. Farooqui, A. Khan, I. Borghetto, S.U. Kazmi, S. Rubino, Paglietti B // 1371/journal.pone. eCollection.-2015

7. Sreelatha T. Synthesis and SAR study of novel anticancer and antimicrobial naphthoquinone amide derivatives / T. Sreelatha, S. Kandhasamy, R. Dinesh, S. Shruthy, S. Shweta, D. Mukesh, D. Karunagarar, R. Balaji, N. Mathivanan, P.T. Perumal // *Bioorg Med Chem Lett*.-2014

8. Shen X.J., Rawls J.F., Randall T. et al. Molecular characterization of mucosal adherent bacteria and associations with colorectal adenomas. *Gut Microbes*.-2010

9. Campo S.M.A. Antibiotic treatment strategies for *Helicobacter pylori* infection / S.M.A. Campo, A. Zullo, C. Hassan, S. Morini // *Recent Patents Anti-infect. Drug. Dis.* – 2007. – Vol. 2. – p.11-17.

10. Рапопорт С.И. Гастриты / С.И. Рапопорт, С.А. Тюляндин, В.М. Моисеенко. – М.; ИД "Мед-практика-М", 2010. – 20 с.

11. Елисеев А.Г. Язвенная болезнь. Что делать? – М.: РИПОЛ классик, 2008. – 64 с.

12. Калинин А.В. Язвенная болезнь / А.В. Калинин // *Гастроэнтерология и гепатология. Диагностика и лечение* / Под ред. А.В. Калинина, А.И. Хазанова. – М.: Миклош, 2007. – С. 70-94.

13. Фадеев П. А. Язвенная болезнь / П. А. Фадеев. — М.: ООО «Издательство Оникс»: ООО «Издательство «Мир и Образование», 2009. — 128 с. — (Энциклопедия медицинских знаний).

14. Chey W.D. American College of Gastroenterology guideline on the management of *Helicobacter pylori* infection / W.D. Chey, B.C. Wong // *Am. J. Gastroenterol.* - 2007. - Vol.102, № 8. - P. 1808-1825.

15. Bartnik W. Clinical aspects of *Helicobacter pylori* infection / W. Bartnik // *Pol Arch Med Wewn.* - 2008. - Vol. 118, № 7-8. - P. 426-430.

16. Noumi E. Antifungal properties of *Salvadora persica* and *Juglans regia* L. extracts against oral *Candida* strains / E. Noumi, M. Snoussi, H. Hajlaoui, E. Valentin, A. Bakhrouf // *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*.-2010

17. Ali-Shtayeh M.S. Antifungal activity of plant extracts against dermatophytes / M.S. Ali-Shtayeh, S.I. Abu Ghdeib // *Mycoses*.-1999

18. Куркин В.А. Фитотерапия гастрита и язвенной болезни / В.А. Куркин // *Российские аптеки*.- 2006.- № 6.- С. 12–14.

19. Шигабутдинова Ф.Г. Роль фитотерапии в гастроэнтерологии / Ф.Г. Шигабутдинова // *Альтернативная медицина*.- 2004.- № 3.- С. 38–40.

20. Солодовниченко, Н.М. Лікарська рослина сировина та фітопрепарати / Н.М. Солодовниченко, М.С. Журавльов, В.М. Ковальов. -Х.: Вид-во НФаУ: «Золоті сторінки», 2001. - 408с.

21. Ковальов В.М. Фармакогнозія з основами біохімії рослин / В.М. Ковальов, О.І. Павлій, Т.І. Ісакова. -Х.: «Прапор», вид. НФаУ, 2000 - 703 с.

22. Крупич Р.В. Дослідження вагових показників плодів горіхоплідних культур / Р.В. Крупич // *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер : Агроінженерні дослідження*. - 2013. - № 17. - С. 161-165.

23. Поперечний А.М. Цінність горіхової сировини та передумови до процесів її переробки // *Об-*



ладнання та технології харчових виробництв Збірник наукових праць/ Поперечний А.М., Корнійчук В.Г.- К.: - 2009, Вип. 20. - 5 с.

24. Tree Nuts. (Walnut polyphenols: structures and functions). / Ed. by Fereidoon Shahidi. – Boca Raton/ London/ New York: CRC Press Taylor & Francis Grup, 2009. – 307р.

25. Alkhawajah A.M. Studies on the antimicrobial activity of Juglans Regia / A.M. Alkhawajah // Am J Chin Med.-1997

26. Zakavi F. Antibacterial effect of Juglans Regia bark against oral pathologic bacteria / F. Zakavi, Golpasand Hagh L, A. Daraeighadikolaei, A. Farajzadeh Sheikh, A. Daraeighadikolaei, Z. Leilavi Shoostari // Epub-2013

27. Затоковий Ф.Т. Інноваційне забезпечення виробництва горіха грецького в Придністровсько-Прикарпатському регіоні / Ф.Т. Затоковий, Л. Ф. Сатіна // Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. - 2009. - Вип. 51(1). - С. 57-61.

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Абоян А.О.,*

*доктор физико-математических наук, профессор, факультет прикладной математики и физики,  
Национальный политехнический университет Армении*

*Aboyan A.H.,*

*doctor of science in physics and mathematics, Professor, Department of Applied Mathematics and Physics,  
National Polytechnic University of Armenia*

## ВЫВОД ФОРМУЛЫ ВУЛЬФА- БРЭГГА ПО КОРПУСКУЛЯРНОЙ ТЕОРИИ СВЕТА

### DERIVATION OF BRAGG - WOLF FORMULA ACCORDING TO THE CORPUSCULAR THEORY OF LIGHT

**Аннотация**

Рассмотрен вопрос о том, в какой мере формула Вульфа–Брэгга удовлетворяет квантовой теории света. Показано, что квантовый вывод этой формулы основан на рассмотрении изменения импульса фотона при отражении от системы периодически расположенных параллельных атомных плоскостей. Получена формула плоской дифракционной решетки в обычном виде. Проведено также уточнение формулы Вульфа–Брэгга с учетом отличия от единицы показателя преломления рентгеновских лучей.

**Abstract**

The question to which degree the Bragg-Wolf formula satisfies the quantum theory of light is discussed. It is shown that the quantum-mechanical derivation of this formula is based on the consideration of the change of photon momentum at reflection from the system of periodically spaced parallel atomic planes. The formula for the plane diffraction grating in the conventional form is obtained. The Bragg-Wolf formula is improved, taking into account the difference of refractive index of X-rays from the unity.

*Ключевые слова:* формула Вульфа–Брэгга, квантовый вывод формулы Вульфа–Брэгга, импульс фотона, кристалл, атомные плоскости, рентгеновский луч, угол скольжения, показатель преломления, единичный декремент.

*Keywords:* Bragg-Wolf formula, quantum derivation of the Bragg-Wolf formula, photon momentum, crystal, atomic plane, X-rays, gliding angle, refractive index, unit decrement.

**1. Introduction**

It is widely known that the diffraction effects are observed only when the wavelength of an incident wave is less than the constant of a diffraction grating. Consequently, for observing the diffraction from crystal (space) gratings the visible light is not applicable, as the wavelength of visible light is too long ( $4 \cdot 10^{-7} \div 8 \cdot 10^{-7}$  m) for this purpose. For observing the diffraction phenomenon in solids, the wavelength of radiation must be within  $4 \cdot 10^{-11} \div 8 \cdot 10^{-10}$  m range. The radiation of such a wavelength occurs when the materials are bombarded with electrons having kinetic energy of several dozens of thousand electron-volt. This radiation is known as the X-ray radiation. To obtain the directions of interference maxima from space gratings Wolf and Bragg [1] regarded a crystal as a system of atomic planes, each of which reflects X-rays just as the mirror reflects the rays of light. If the crystal consists of atomic

planes spaced at distance  $d$  one from the other and incident on these planes is a beam of  $\lambda$  wavelength monochromatic and parallel X-rays, that makes  $\theta$  angle with these atomic planes, then the amplitude of rays reflected from the crystal will acquire the maximum value if the following condition is satisfied

$$2d \sin \theta = m\lambda, (1)$$

where  $m = 0, 1, 2, \dots$

Formula (1) is called the Bragg-Wolf formula.

**2. The corpuscular-wave dualism. Diffraction grating**

Now consider the issue of the extent to which the Bragg-Wolf law satisfies the quantum (corpuscular) theory of light. The quantum - mechanical derivation of this law is based on the consideration of a change of photon momentum at the reflection from a system of periodically disposed parallel atomic planes spaced at  $d$  distances.

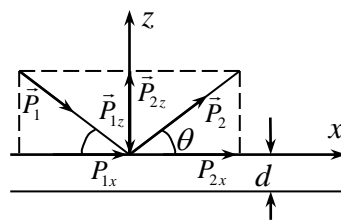


Fig. 1. Diagram for quantum - mechanical derivation of the Bragg-Wolf law

Such are the planes spaced at  $d$  distances one from the other as shown in Fig. 1. The normal to these planes is directed along axis  $z$ . Denote the momentum of incident photons by  $\mathbf{P}_1$ . Now draw axis  $x$  in the plane perpendicular to the  $z$  axis along the line of intersection of this plane with the incidence plane, containing the incident ray and axis  $z$ . Denote the glancing angle between the incident ray and the “reflecting” planes by  $\theta$ .

Decompose  $\mathbf{P}_1$  into two components along the  $x$  and  $z$  axes,  $P_{1x}$  and  $P_{1z}$ , respectively. Denote the momentum of a photon after its reflection at  $\theta$  angle by  $\mathbf{P}_2$ . Denote the components of  $\mathbf{P}_2$  along the  $x$  and  $z$  axes by  $P_{2x}$  and  $P_{2z}$  respectively. As is seen in Fig. 1  $P_{1x} = P_{2x}$  and  $P_{2z} = -P_{1z}$  and, hence, the change of momentum components are  $\Delta P_x = 0$ ,  $\Delta P_z = 2P_{2z} = 2P_1 \sin\theta$ . The total change  $\Delta P$  of the momentum is accordingly determined by the change of solely the normal component and is equal to

$$\Delta P = 2P_1 \sin\theta. \quad (2)$$

The action integral [2- 4], in case of conditional motion along axis  $z$ , is written as

$$\oint P_z dz = n_z h,$$

where  $n_z$  is an integer,  $h$  is the Plank constant. As the period of crystal lattice in the direction of axis  $z$  is equal to  $d$ , after integration we have

$$\int_0^d P_z dz = P_z d = n_z h$$

because in the absence of external forces  $P_z = \text{const}$ . Hence we find:

$$P_z = n_z \frac{h}{d}, \Delta P = \Delta P_z = \Delta n_z \frac{h}{d}.$$

As the change of integer  $n_z$  is also an integral number, then we make a notation

$$\Delta n_z = m = 1, 2, 3, \dots$$

Thus we obtain:

$$\Delta P = m \frac{h}{d}. \quad (3)$$

Comparing (2) and (3) we find:

$$m \frac{h}{d} = 2P_1 \sin\theta \quad (4)$$

So, we obtain a condition of the “reflection” of a photon with momentum  $P_1$  from atomic planes with spacing  $d$ . The “reflection” occurs only at  $\theta$  angles, satisfying equation (4). In the wave mechanical conception, the momentum is expressed in terms of wavelength  $\lambda$  as

$$P_1 = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}.$$

Substituting this expression for  $P_1$  in (4), we obtain the Bragg-Wolf law (1):

$$2d \sin\theta = m\lambda.$$

Consider a plane reflection grating. As is known from the wave theory, if the lattice spacing is  $a$  and a plane monochromatic wave is incident on the grating at  $\theta$  angle with respect to the grating plane, then at the reflection in the direction characterized by  $\theta_0$  angle the light will be emitted subject to the condition

$$a(\cos\theta - \cos\theta_0) = n\lambda \quad (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (5)$$

Now consider this phenomenon from the corpuscular point of view. Let a photon flux be incident on the lattice at angle  $\theta$ . Since it is experimentally well known that the character of the diffraction pattern does not depend on the intensity of light, but becomes formed only by the same grating on the whole, we are not to detail the pattern e.g., by consideration of the

reflection of each photon from a certain reflecting groove of diffraction grating (this issue will be considered in what follows). However, one can insist that at the incidence of a photon on the grating, the latter receives an additional momentum, and at the reflection – has a recoil. As a result, the component of the momentum of grating in the direction of axis  $x$ , lying in the diffraction plane, will be changed by

$$p_x - p'_x = \Delta p_x.$$

Now imagine that the grating is movable and let it move within its plane, then the momentum  $\Delta p_x$  will impart the motion to that. It is evident that at the travel of grating in the direction of axis  $x$  at the distance equal to its  $a$  period, the grating will again coincide with its initial position. For this reason one can regard the travel of grating as a periodical motion with  $a$  period. In this case, it may be “quantized” using the Bohr-Sommerfeld quantum conditions:

$$\int_0^a \Delta p_x dx = nh,$$

whence it follows

$$a\Delta p_x = nh. \quad (6)$$

As the mass of grating is much larger than the photon mass, the change in the absolute value of its momentum  $p$  at reflection is negligible. And so

$$p_x = p \cos\theta, p'_x = p \cos\theta_0, \Delta p_x = p(\cos\theta - \cos\theta_0),$$

and (6) assumes the form

$$a(\cos\theta - \cos\theta_0) = nh/p. \quad (7)$$

Taking account of the relation between the photon momentum  $p$  and the wavelength

$$p = \frac{h}{\lambda}, \quad (8)$$

and substituting this expression in (7), we arrive at formula (5), i.e., the formula of the diffraction grating in its conventional form.

It should be noticed that entering formula (7) is the momentum  $p$ , i.e., the quantity characterizing the particle, whereas in relation (5) - the wavelength. One can say thus, that relationships (7) and (5) represent the same formula written in the first case in terms of corpuscular pattern, and in the second case, - in terms of wave pattern. As in all other cases, the transition from one pattern to another is executed by means of the relationship:

$$\lambda = \frac{h}{p},$$

relating both aspects of optical phenomena.

### 3. Improvement of Bragg -Wolf formula by allowance for refraction

In this work, the Bragg-Wolf formula is improved, taking into account the difference of the refractive index of X-rays from the unity. It is shown that for the high accuracy determination of the direction of X-ray reflection, it is necessary to use an improved Bragg-Wolf formula. At deriving the Bragg-Wolf formula,  $2d \sin\theta = m\lambda$ , it is assumed that the refractive index of X-rays is equal to the unity, i.e., at the incidence on some medium X-rays do not refract. Because the difference of the refractive index of X-rays from the unity is small ( $n = 1 - \delta$ ), where  $\delta$  is called the unit decrement of the refractive index that has the value of an order of  $10^{-6} \div 10^{-5}$ , so usually without committing a

great error it is assumed to be equal to the unity. However, when highly accurate determination of the refraction direction is required, it becomes necessary to allow for the difference of refractive index from the unity.

The purpose of the present work is also to improve the Bragg-Wolf formula (1) with due regard for the difference of refractive index from the unity.

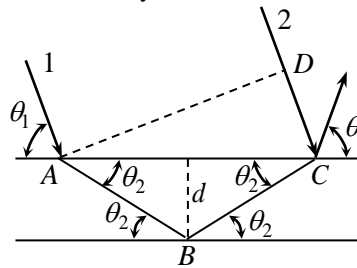


Fig. 2. The improvement of Bragg-Wolf formula at the allowance for refraction

Now assume that a plane parallel beam of X-rays is incident on a crystal at glancing angle  $\theta_1$  and is refracted inside the crystal. Because the refractive index of X-rays is less than the unity, the rays at refraction are deviated from the normal, and the glancing angle at incidence is larger than the glancing angle at refraction ( $\theta_1 > \theta_2$ ).

As is seen in Fig. 2, the difference in the paths of rays (of the 1-st and 2-nd rays) reflected from the first and second atomic planes is

$$\Delta = n(AB + BC) - DC = 2nAB - DC,$$

where  $n$  is the refractive index of the medium.  
 As  $DC = AC \cos \theta_1 = 2d \cos \theta_1 \cos \theta_2$ , and  $AB = \frac{d}{\sin \theta_2}$ , for  $\Delta$  we obtain

$$\Delta = \frac{2d}{\sin \theta_2} n(1 - \cos^2 \theta_2) = 2dn \sin \theta_2.$$

Taking into account that the refractive index  $n = \cos \theta_1 / \cos \theta_2$ , we have:

$$\Delta = \frac{2d}{\sin \theta_2} (n - \cos \theta_1 \cos \theta_2).$$

For obtaining maximum reflection, it is necessary that the difference of optical paths of rays reflected from the neighboring planes be equal to the integral number of wavelengths

$$\Delta = 2dn \sin \theta_2 = m\lambda. \quad (9)$$

From the expression for refractive index  $n = \cos \theta_1 / \cos \theta_2$ , we obtain  $\sin \theta_2 = \frac{1}{n} \sqrt{n^2 - \cos^2 \theta_1}$  and taking also into consideration the fact that the square of the refractive index can be expressed with great accuracy as  $n^2 = (1 - \delta)^2 \approx 1 - 2\delta$ , formula (9) will take on the following form:

$$2d \sqrt{\sin^2 \theta_1 - 2\delta} = m\lambda \quad \text{or} \quad 2d \sin \theta_1 \sqrt{1 - \frac{2\delta}{\sin^2 \theta_1}} = m\lambda.$$

Using the smallness of  $\delta$  we can make the following transformations:

$$2d \sin \theta_1 = \frac{m\lambda}{\sqrt{1 - \frac{2\delta}{\sin^2 \theta_1}}} \approx m\lambda \left(1 + \frac{\delta}{\sin^2 \theta_1}\right).$$

And so, taking into account the refraction of X-rays, we obtain the following improved formula instead of the Bragg-Wolf formula:

$$2d \sin \theta_1 = m\lambda \left(1 + \frac{\delta}{\sin^2 \theta_1}\right) \quad (10)$$

As is seen from (10), in case of large reflection angles, the correction is insignificant, and so it makes sense to avail of the improved formula only in case of small glancing angles.

Now let us see how much the angle satisfying the Bragg-Wolf condition is changed due to the allowance for the difference of the refractive index from the unity. This aim in view, we compose the difference of the Bragg-Wolf (10) and the non-improved (1) formulae:

$$2d \sin \theta_1 = m\lambda \left(1 + \frac{\delta}{\sin^2 \theta_1}\right)$$

$$2d \sin \theta = m\lambda \quad \text{---}$$

$$2d(\sin \theta_1 - \sin \theta) = \frac{m\lambda \delta}{\sin^2 \theta_1}. \quad (11)$$

Without great loss of accuracy we can replace  $2d$  in the last expression by  $m\lambda / \sin \theta$ ,  $\sin^2 \theta_1 - \sin^2 \theta$ , and the difference  $\sin \theta_1 - \sin \theta$  by  $\Delta \theta \cos \theta$ , where  $\Delta \theta = (\theta_1 - \theta)$  is the difference of angles corresponding to the improved and non-improved Bragg-Wolf formulae. In this case, expression (11) will assume the following form:

$$\Delta \theta = \frac{2\delta}{\sin 2\theta}. \quad (12)$$

Because  $\delta$  is very small,  $\Delta \theta$  is a quantity of the order of a second of arc that has to be taken into account when it is necessary to determine the reflection direction with high accuracy.

#### 4. Conclusions

Thus, based on the results of investigations we arrive at the following conclusions:

1. The Bragg-Wolf formula has been derived based on the observation of its momentum change at the reflection of photon from a system of periodically spaced parallel atomic planes in the corpuscular theory of light.
2. The formula of plane diffraction grating in the conventional form is obtained.
3. It is shown that for high accuracy determination of the reflection direction of X-rays, it is necessary to use the improved Bragg-Wolf formula.

**References**

[1] W.L. Bragg, Proc. Camb. Phil. Soc. - 17, 43 (1913).

[2] E.V. Shpol'skiy, Atomic physics (Nauka Publishers, Moscow, 1974) (in Russian).

[3] A. Sommerfeld. Structure of atom and spectra. Publishing House of Technical Theoretical Literature, Moscow, 1956 (In Russian).

[4] N. Bohr. Fus. Tides., 12, 97 (1914); "Theory of spectra and Atomic Constitution", Cambridge, University Press, 1922.

#1 (17), 2017 część 1  
**Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe**  
(Warszawa, Polska)  
**Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce.** W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.  
Częstotliwość: 12 wydań rocznie.  
Format - A4, kolorowy druk  
Wszystkie artykuły są recenzowane  
Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.  
Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

### **Zespół redakcyjny**

**Redaktor naczelny - Adam Barczuk**

**Mikołaj Wiśniewski**

**Szymon Andrzejewski**

**Dominik Makowski**

**Paweł Lewandowski**

### **Rada naukowa**

**Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)**

**Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

**Peter Cohan (Princeton University)**

**Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)**

**Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)**

**Kolub Frennen (University of Tübingen)**

**Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

**Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)**

**Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)**

**Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Peter Clarkwood (University College London)**

#1 (17), 2017 part 1  
**East European Scientific Journal**  
(Warsaw, Poland)  
**The journal is registered and published in Poland.** The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

Articles are accepted till the 30th day of each month.  
Periodicity: 12 issues per year.  
Format - A4, color printing  
All articles are reviewed  
Each author receives one free printed copy of the journal  
Free access to the electronic version of journal

### **Editorial**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

**Mikołaj Wiśniewski**

**Szymon Andrzejewski**

**Dominik Makowski**

**Paweł Lewandowski**

### **The scientific council**

**Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)**

**Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

**Peter Cohan (Princeton University)**

**Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)**

**Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)**

**Kolub Frennen (University of Tübingen)**

**Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

**Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)**

**Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)**

**Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Peter Clarkwood (University College London)**

**Igor Dzedzic (Polska Akademia Nauk)**  
**Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)**  
**Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)**  
**Kehan Schreiner(Hebrew University)**  
**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**  
**Anthony Maverick(Bar-Ilan University)**  
**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)**  
**Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)**  
**Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)**  
**Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**  
**Redaktor naczelny - Adam Barczuk**

**1000 kopii.**

**Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska»**

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe**

**Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska**

**E-mail: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com) ,**

**<http://eesa-journal.com/>**

**Igor Dzedzic (Polska Akademia Nauk)**  
**Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)**  
**Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)**  
**Kehan Schreiner(Hebrew University)**  
**Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**  
**Anthony Maverick(Bar-Ilan University)**  
**Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)**  
**Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)**  
**Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)**  
**Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**  
**Editor in chief - Adam Barczuk**

**1000 copies.**

**Printed in the "Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland»**

**East European Scientific Journal**

**Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland**

**E-mail: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com) ,**

**<http://eesa-journal.com>**