



#6 (46), 2019 część 3

**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)**

#6 (46), 2019 part 3

**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/>**

**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)**  
**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, Po-  
land

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

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

# СОДЕРЖАНИЕ

## АРХИТЕКТУРА

**Котаров М.**

FEATURES OF THE FUNCTIONAL ZONING OF FILM STUDIOS ..... 4

**Наумкин Г.И.**

УСАДЬБА ЕКАТЕРИНЫ II В ЦАРИЦЫНО ..... 7

## ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Трунин А.Н., Зайченко В.В.**

ПОЛИФАЗНЫЕ ПСЕВДОМОРФОЗЫ В УЧАСТКАХ СУЛЬФИДИЗАЦИИ МАГНЕТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ  
ПРОДУКТИВНОЙ ТОЛЩИ ПЕТРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КРИВОРОЖСКИЙ БАССЕЙН). ..... 9

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

**Дубова Л.В., Ожигов Е.М., Золотницкий И.В., Малик М.В.**

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ У ПАЦИЕНТОВ, ПОЛЬЗОВАВШИХСЯ  
СЪЕМНЫМИ ПОКРЫВНЫМИ ПРОТЕЗАМИ С ОПОРОЙ НА ИМПЛАНТАТЫ В ТЕЧЕНИЕ 12 МЕСЯЦЕВ ..... 18

**Пантус А.В.**

ВИВЧЕННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАПІЛЯРНОЇ СІТКИ НА ПІЗНІХ ЕТАПАХ СУБКУТАННОЇ  
ІМПЛАНТАЦІЇ ПОРИСТОГО ВОЛОКНИСТОГО МАТРИКСУ ..... 26

**Свинтицкая А.В., Захарова А., Юровских К.С.**

ОПЕРАЦИИ НА ПРИДАТКАХ МАТКИ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИМ ДОСТУПОМ: ВЛИЯНИЕ НА ГЕМОКОАГУЛЯЦИЮ  
..... 30

**Kolesnyk M., Sokolova M.**

LEFT ATRIAL MECHANICS IN POSTMENOPAUSAL HYPERTENSIVE WOMEN WITH LEFT VENTRICLE DIASTOLIC  
DYSFUNCTION ..... 33

## НАУКИ О ЗЕМЛЕ

**Nurtaev B., Nurtaev L.**

BIG DATA PROCESSING IN HYDROLOGY ..... 41

**Гасанов А.Б., Нариманов Н.Р., Нариманов Р.Н.**

ИЗУЧЕНИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛУБИННОГО СЖАТИЯ И  
ЛОКАЛЬНЫХ ПОДНЯТИЙ ..... 45

**Хабибова Н.З., Москвичев С.С.**

ЭНЕРГОРЕСУРСЫ ВСЕЛЕННОЙ ДЛЯ БУДУЩЕГО ВСЕЙ ЗЕМЛИ ..... 49

## ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Davtian L.L., Khomych O.O., Biryukova S.V., Voids G.V.**

REASONING OF CONCENTRATIONS PRESERVATIVE IN THE COMPOSITION OF MEDICINAL SYRUP ..... 52

**Рогожникова Е.П., Марданлы С.Г., Мизина П.Г.**

НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВАЛЕРИАНЫ НАСТОЙКИ ..... 55

**Шоранова А.Е.**

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПРИОРИТЕТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИ  
СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ..... 61

# АРХІТЕКТУРА

**Komarov Mykhailo**

Post-Graduate Student, Department of Theory and History of Architecture, and Synthesis of Arts  
National Academy of Fine Art and Architecture (NAFAA), Kyiv, Ukraine

## FEATURES OF THE FUNCTIONAL ZONING OF FILM STUDIOS

**Summary.** The article describes the main features of zoning of film studios in Ukraine and other countries. Prerequisites for forming recommendations for the planning and modernization of Ukrainian film studios have been created.

*Keywords.* Film studio, zoning, pavilion, structure.

Today in Ukraine there is no single normative base for the film studios construction. At the same time, during the years of independence, a number of modern private studios have already been built. There is a need to structure the world experience in this issue and adapt it to Ukrainian realities.

With the adoption of the Law on State Support to Cinematography in Ukraine by the Parliament of Ukraine (Vidomosti Verkhovnoyi Rady), there is an urgent need to create new spaces for film production and modernization of existing ones. However, for this purpose it is necessary to reveal the basic principles of functional zoning of the leading studios of the world for the further introduction of certain principles into Ukrainian practice.

The author identified a number of works related to the structure of film studios, such as "The Structure of a Modern Film Studio", where Aleynikov M. compared Soviet and American film studios and stated that at that time there were 37 separate divisions (Aleynikov, 43) [Table 1]

In the Soviet era, the design institutes Giprokino and Giprokinopoligraf were responsible for the construction of film studios, they relied on the "Guidelines for building design of buildings and constructions of film studios".

Now the creation of studios in Ukraine is regulated by NAPB.V.01: 001-98 / 9.3.60 Rules of fire safety in the field of cinematography in Ukraine (production,

### 37 departments in film production (M.Aleynikov)

| creative  | technical  | administrative  |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- storyline</li> <li>- script</li> <li>- distribution of</li> <li>- roles</li> <li>- preparation of actors</li> <li>- musical</li> <li>- decorative design</li> <li>- artistic</li> <li>- mock-up</li> <li>- furniture</li> <li>- sham</li> <li>- requisite</li> <li>- drapery</li> <li>- special effects</li> <li>- costume</li> <li>- make-up</li> <li>- cameraman</li> <li>- sound effects</li> <li>- tricks</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- scientific research</li> <li>- technical constructions</li> <li>- field shootings</li> <li>- permanent mock-up scenery</li> <li>- installation of negative</li> <li>- installation of positive</li> <li>- editing of movies</li> <li>- shooting equipment</li> <li>- charging cartridges</li> <li>- sound</li> <li>- electrical engineering</li> <li>- projection halls</li> <li>- laboratory</li> <li>- transport</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- correspondence</li> <li>- library</li> <li>- film bank</li> <li>- security and supply</li> </ul> |

distribution and demonstration of films), approved by the order of the Ministry of Culture and Arts of Ukraine No. 483, 02.10. 1997. Also at the stage of approval is the DBN B.2.6-XX: 201X CONSTRUCTION ACOUSTICS.

Through the years actual process of film production has also undergone significant changes (Tashbulatov). Only the largest film studios can afford to keep all stages of production. The more common practice at the moment is the pooling the resources of two or more studios together to create the final product. Therefore, there is a tendency to create small film studios that attract resources from other companies.

In addition, each studio has its general artistic and creative peculiarities that influence its structure. Objectives include:

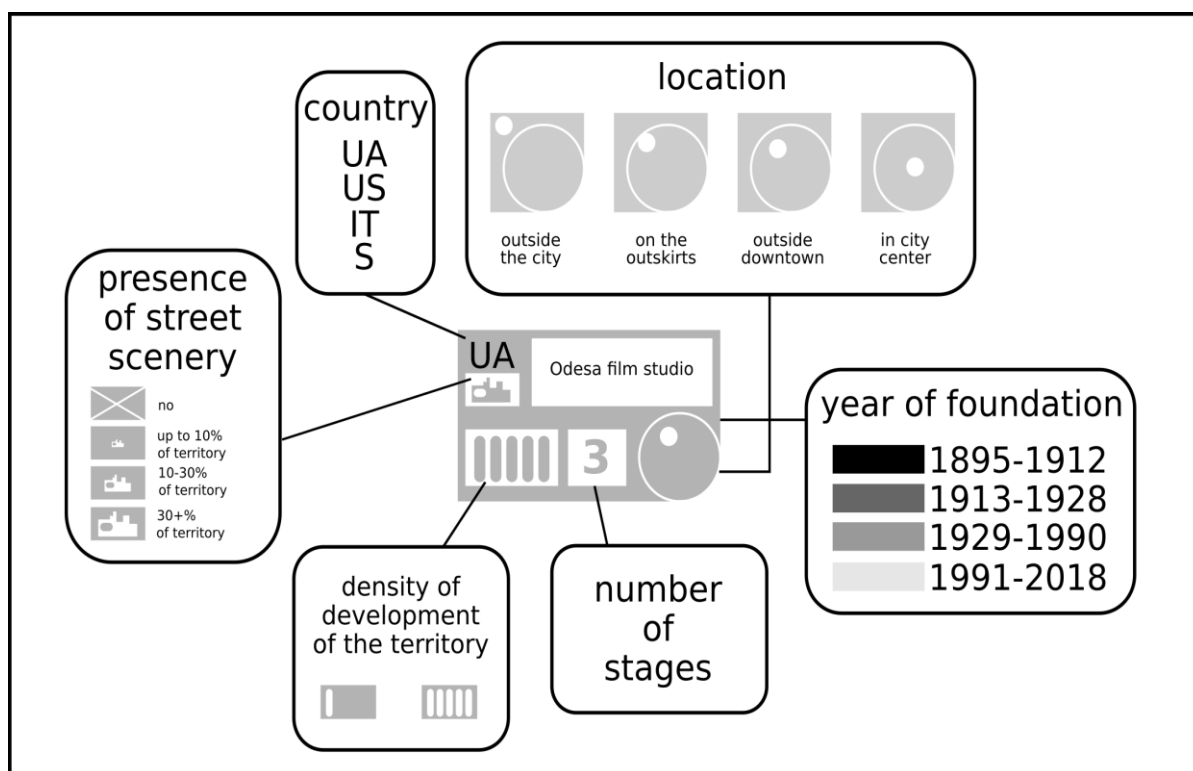
- Country of location - the type of studio is formed on the basis of social, ethnic and cultural aspects;

- The surrounding structure is important for assessing traffic flows, noise levels and logistics;
- The time of foundation - characterizes historical processes and background;
- Saturation of the territory - is taken into account when identifying the potential for further deployment: percentage of movie stages, administrative and service buildings, the size of green areas, the number of parking spaces, the presence of streets.

For a better understanding of these components, a table of key characteristics needs to be developed:

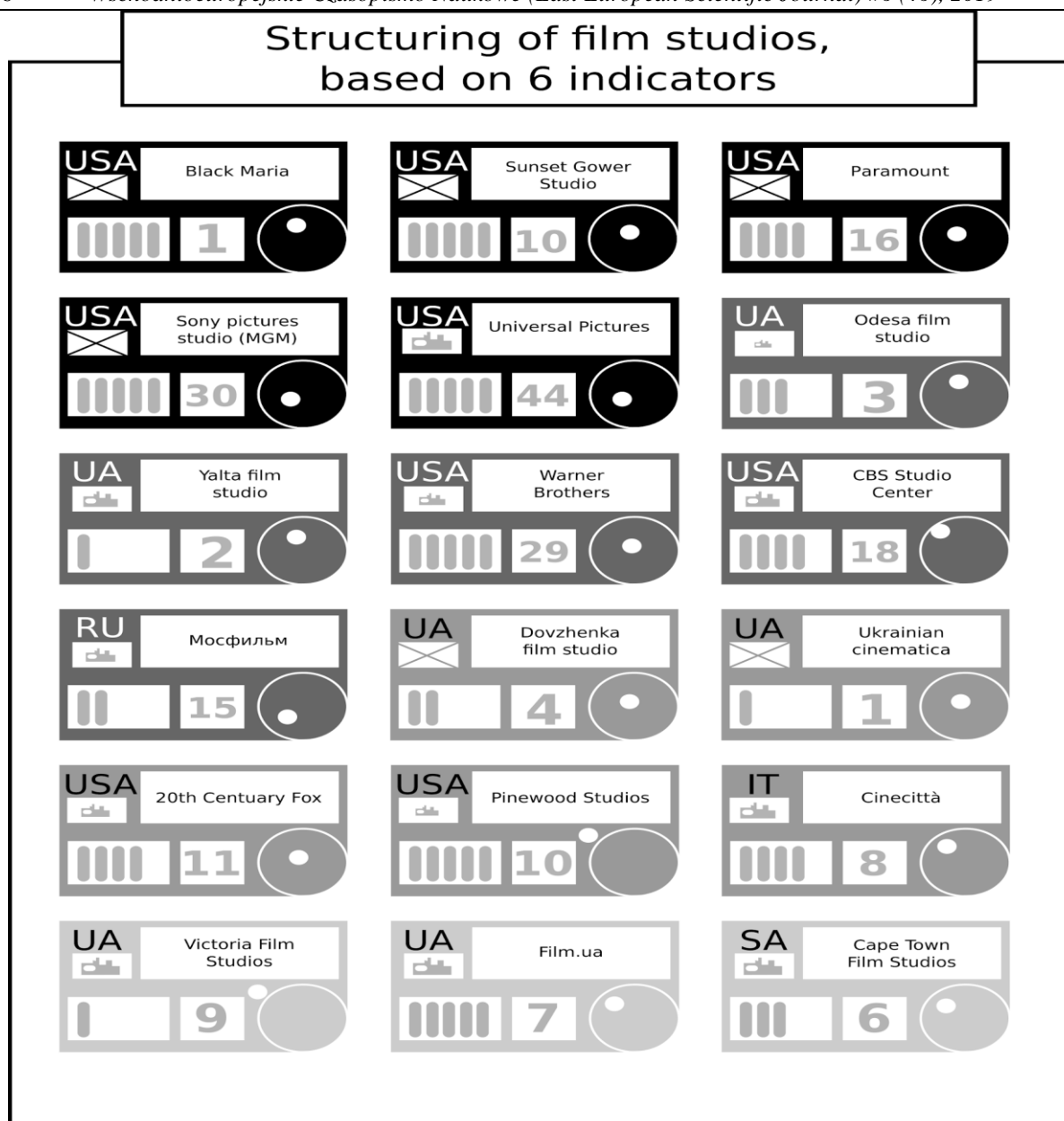
- Country;
- Period of foundation;
- Location towards the city center;
- Density of development of the territory;
- Number of pavilions;
- Existence of street scenery.

This will allow to create a table for the development of film studios in the world. (Table 2)



The conclusions obtained from comparative table (Table 3) will be presented in the further research. In the context of this article, it's important to emphasize that all six of the above components are closely related. For example, the location towards to the city center has

a direct impact on the density of the buildings, the presence and size of street scenery. State studios in the countries of the former Soviet Union are the exceptions, because the concept of land value was absent at the moment of their creation.



So, when creating a studio model, it's important to take into account all these factors. Internal filling can be divided into four main groups:

- Pavilions
- Administrative buildings
- Auxiliary (servicing) structures
- Full-size playgrounds (street scenery)

The first group is the main resource of a film studios and affects the number of films that can be created simultaneously. Often studios rent a part of pavilions to TV channels, and therefore it is also the main article of additional income.

The second group includes office premises that are used by the administration or are also leased out.

Auxiliary structures include technical functions that support the ability of the film studio to function. This author also includes sound recording studios, decoration, costume design, and so on.

Full-size playgrounds are usually present only at large film studios and are permanent decorations often performed in the style of a particular historical period.

### References

1. Aleynikov M. Struktura suchasnoyi kinostudiyi. *Radyans'ke kino*. 1936. – №6. p. 41–48.
2. DBN V.2.6-XX:201X BUDIVEL'NA AKUSTYKA
3. Horytsvit S. Vidrodyty Odes'ku kinostudiyu dovireno molodi. *Kul'tura i zhyttya*. 2013. – №3. – p. 11.
4. Law on State Support to Cinematography in Ukraine by the Parliament of Ukraine. *Vidomosti Verkhovnoyi Rady (VVR)*. - 2017. №20, p. 240
5. NAPB.V.01: 001-98 / 9.3.60 Rules of fire safety in the field of cinematography of Ukraine (production, distribution and demonstration of films)
6. Restavratsiya ukrayins'koyi kinoklasyky. *Den'*. – 2009. – №233. – p. 7.
7. Tashbulatov R. EVOLUTION OF ARCHITECTURE of film studios Architecton: news of high schools. - 2013. - №42.

## УСАДЬБА ЕКАТЕРИНЫ II В ЦАРИЦЫНО

Naumkin G.I.,

Candidate of Architecture, Associate Professor, Department of Architecture,  
The State University of Land Use Planning

## MANOR OF CATHERINE II IN TSARITSYNO

**Аннотация.** Екатерина II приобретает имение в Подмоскowie у князя С. Кантемира. Архитектору В. И. Баженову она поручает проектирование ансамбля в великолепном природном окружении. До строительства дворцового ансамбля императрица проживает во временных постройках. Её время пребывания заполнено государственными делами, а свободное время отводила развлечениям и прогулкой по парку, а также катаниям по водной глади Борисовских прудов. Построенные Баженовым императорские дворцы в советский период и настоящее время были подвержены искажению, а некоторые из них подверглись искажению и уничтожению.

**Annotation.** Catherine II acquires an estate in the Moscow region from Prince S. Cantemir. She entrusts architect V.I. Bazhenov with designing the ensemble in a magnificent natural environment. Before the construction of the palace ensemble, the empress lived in temporary buildings. Her time remained filled with state affairs, as well as skating along the water surface of the Borisov ponds. The imperial palaces built by Bazhenov were subject to distortion, and some of them were subjected to distortion and destruction.

*Ключевые слова:* архитектура, дворцы, малые формы, экзотика беседок, градостроительное пространство.

*Key words:* architecture, palaces, small forms, exotic arbors, urban planning space.

Императрица, отдыхая в селе Коломенском в апреле 1775 г., предпринимает поездку в село Черная грязь к Борисовским прудам. По приезду императрицу встречали крестьяне с хлебом солью. (Этот мотив «хлеб-соль» будет воплощен на фасаде Хлебного дома, который будет построен в Царицыне по проекту зодчего Василия Ивановича Баженова). На императрицу эта поездка произвела незабываемое впечатление. Великолепный ландшафт, водные глади прудов, березовые рощи не оставили императрицу равнодушной. Впечатление от увиденного заставило её поделиться с Фридрихом Гриммом, что у неё возникло желание приобрести этот участок земли. По поручению Ея Императорского Величества дано было указание свершить сделку купли-продажи имения, села Черная Грязь, которое принадлежало князю Сергею Дмитриевичу Кантемиру. Сделка состоялась, а за приобретение села Черная Грязь было уплачено Кантемиру двадцать пять тысяч рублей.

Екатерина II употребляет новое название – село Царицыно вместо села Черная Грязь. Это название содержится в письме к Гримму. В 1775 г. с 1 июля по 6 июля императрица пребывает в Царицыно и живет в своих временных покоях вместе с семьей цесаревича Павла Петровича. Для расширения времени отдыха и развлечений на водную гладь пруда были спущены суда и ботики, которые были построены под контролем Вице-президента Государственной адмиралтейской коллегии, графа Ивана Григорьевича Чернышева. «Суда строились присланными графом Чернышевым корабелями – адмиралтейскими служителями. Они установили на судах хотя и маленькие, но настоящие пушки» [3.,

с. 278]. 27 июля в селе Царицыно под председательством императрицы состоялось заседание «учрежденного ею в 1768 г. Сената, на котором решались важнейшие вопросы управления государством. А вечером состоялось первое плавание по пруду на построенных судах и ботиках» [Там же]. «Последний раз в 1775 г. императрица приехала в село Царицыно 28 сентября, и, совершив прогулку по излюбленным местам, отобедав со свитой, через шесть часов покинула его. Следующее ее свидание с Царицыным состоялось только через 10 лет» [Там же]. (Казалось бы, малозначительное сведение о судах и ботиках, но оно дает ответ на вопрос, почему Баженов символизирует в усадьбе южные границы России прибрежной линией Борисовских прудов, так как она содержит связь с водной акваторией Черного моря).

30 июня 1775 г. стал важной вехой в истории села Царицыно. В этот день на Ходынском поле императрица встречается с Василием Ивановичем Баженовым. Эта встреча состоялась на Ходынском поле, где она дает поручение на проектирование села Царицыно, а следующий 1776 год следует считать началом строительства Царицынского ансамбля Василием Ивановичем Баженовым [1].

В этот уникальный комплекс входят зоны дворцовой и парковой архитектуры. По историческим сведениям, в парковой зоне размещались беседки с необычными экзотическими названиями, такие как «Хижина», «Эзоповка», «Турецкая» и беседка богини Цереры. На исторических планах парка беседка богини Цереры, она же и храм Цереры сохранилась до наших дней. Перечисленные малые архитектурные объекты зафиксированы на

плане начала XIX в. Композиционные приемы, использованные для малых архитектурных форм, выводят нас на творчество В. И. Баженова [2]. Авторские принципиальные особенности содержатся и в развитии градостроительного пространства императорской усадьбы. Определение семантических значений архитектурных объектов расширили понятие архитектуры по тематическому единству дворцовой и парковой частей ансамбля. Это единство не спонтанное проявление, а запрограммированное тематическое развитие как модели Российского государства. В материалах исследования градостроительного пространства Царицынского ансамбля находит свое подтверждение в фиксации границ как геопространства государства, а также по храмовой иконографии, которые содержатся во дворцах и вышперечисленных малых архитектурных формах объектов ансамбля.

Путь к познанию уникального ансамбля занял почти триста лет. За предшествующий советский период и по настоящее время творчество великого зодчего подверглось тотальному искажению и уничтожению, а его творческая биография подверглась уничижительным характеристикам. Накопившийся негатив позволил поглумиться над его великой национальной архитектурой. Из-за непонимания национального этноса, который был внесен в Царицынский ансамбль, в XX-XXI веках в его архитектуру вплели масонскую символику. Этот кощунство в новоделе можно наблюдать уже при подходе к усадьбе XVIII в.: – по изображениям масонских лучистых звезд; готических элементов, которые встречаются повсюду. Обалдевшая новизна дельцов от архитектуры, представлена в театрализованной буафории, в мишуре которой утопила красоту исторической парковой архитектуры и дворцовых

объектов. Все это являются вызывающим и оскорбительным проявлениями к светлой памяти зодчего и архитектуре эпохи Просвещения.

Исследованиями раскрытие новых принципов проектирования в великом наследии зодчего XVIII века должно пробудить в обществе потребность снять уничижительные антиархитектурные наслоения и восстановить Царицынский ансамбль по замыслу Баженова: «Царицыно – это модель Российского государства», наивысшее национальное достижение архитектуры в истории России. Восстановление ансамбля следовало бы осуществлять поэтапно: на первом этапе: начать с восстановления малых архитектурных объемов – неизвестных беседок В. И. Баженова. На втором этапе следует тщательным образом отнестись ко всем сохранившимся чертежам Баженова. Использовать новые материалы исследования и восстановить его дворцовую архитектуру. Этот этап связан с масштабными работами, с колоссальными материальными и временными затратами. *(Относительно первого этапа: автором данной статьи были графически восстановлены объемы и планы малых архитектурных форм. Студенты архитектурного факультета по этим чертежам выполнены макеты, которые хранятся в Государственном университете по землеустройству).*

#### Список литературы:

1. Михайлов А. И. Баженов. – М.: Стройиздат. 1951 г. – 375 с.; илл.
2. Наумкин Г. И. Композиционная связь дворцовой и парковой застройки. Градостроительство. – М. 2011, №6, с. 89-95.
3. Смыслов А. Г., Смыслов П.А. Царицыно. История села Черная Грязь и его окрестностей в XVI-XVIII веках. – М.: Алгоритм, 2012. – 416 с.; илл.



# ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Trunin A.N.*

*Candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor,  
Kryvyi Rih National University*

*Zaichenko V.V.*

*PhD student, Kryvyi Rih National University*

## POLYPHASE PSEUDOMORPHS AT THE AREAS OF MAGNETITE QUARTZITES SULPHIDIZATION IN THE PRODUCTIVE STRATA OF PETROVO DEPOSIT (KRYVYI RIH BASIN).

*Трунин Александр Николаевич*

*кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии и прикладной минералогии,  
Криворожский национальный университет*

*Зайченко Валерия Валерьевна*

*аспирантка кафедры геологии и прикладной минералогии,  
Криворожский национальный университет*

## ПОЛИФАЗНЫЕ ПСЕВДОМОРФОЗЫ В УЧАСТКАХ СУЛЬФИДИЗАЦИИ МАГНЕТИТОВЫХ КВАРЦИТОВ ПРОДУКТИВНОЙ ТОЛЩИ ПЕТРОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (КРИВОРОЖСКИЙ БАСЕЙН).

**Summary.** Using the capabilities of mineragraphy and ontogenic analysis, epigenetic ore mineralization has been studied in the sulphidization areas of lowgrade iron ores of Petrovo deposit in Krivbass. Manifestations of intensive sulphide mineralization proved to develop in varieties of magnetite quartzites saturated with silicate components. Epigenetic ore mineralization is represented by the following sulphides (according to the sequence of their crystallization): pyrite → pyrrhotite → chalcopyrite → arsenopyrite) and second-generation magnetite segregations. It was shown that matrixes of iron-containing silicates (biotite, hornblende, staurolite) represent effective geochemical traps for localizing pseudomorphic polyphase sulphide aggregates and secondary magnetite in them. It is recommended to pay special attention to the areas of development of pyrrhotite, which, along with magnetite, is actively extracted into iron ore concentrate, significantly impairs the quality indicators of technological conversion.

**Аннотация.** На основе использования возможностей минерографии и онтогенетического анализа изучена эпигенетическая рудная минерализация в участках сульфидизации бедных железных руд Петровского месторождения Кривбасса. Установлено, что проявления интенсивной сульфидной минерализации получают развитие в разновидностях магнетитовых кварцитов, насыщенных силикатными компонентами. Эпигенетическая рудная минерализация представлена сульфидами (по очередности их кристаллизации): пирит → пирротин → халькопирит → арсенопирит) и выделениями магнетита второй генерации. Показано, что матрицы железосодержащих силикатов (биотит, роговая обманка, ставролит) являются эффективными геохимическими ловушками для локализации в них псевдоморфных полифазных агрегатов сульфидов и вторичного магнетита. Рекомендуется обратить особое внимание на участки развития пирротина, который, наряду с магнетитом, активно извлекается в железорудный концентрат, существенно ухудшает качественные показатели технологического передела.

**Keywords:** *Kryvyi Rih basin, Petrovo deposit, ferruginous quartzites, sulphidization, pyrite, pyrrhotite, magnetite, silicates, polyphase pseudomorphs.*

**Ключевые слова:** *Криворожский бассейн, Петровское месторождение, железистые кварциты, сульфидизация, пирит, пирротин, магнетит, силикаты, полифазные псевдоморфозы.*

**Постановка проблемы.** Петровское месторождение бедных железных руд расположено в центральной части Ингуло-Ингулецкой шовной зоны Украинского щита. В комплексе с другими аналогичными месторождениями образует специфическую вытянутую структуру - Правобережную полосу магнитных аномалий, которая ограничена Западно-Ингулецким и Криворожско-Кременчугским глубинными разломами. Большая часть шовной зоны образована антиформными структурами, которые представлены большими куполами и валами, отделенными друг от друга синформными межкупольными образованиями. В строении рай-

она принимают участие породы архейского и протерозойского возраста. Купольные структуры сложены гранито-гнейсами, линейно-вытянутые зоны – породами конкско-верховцевской, криворожской и ингулецкой серий [2, 9].

Структура Петровского месторождения представляет собой типичную синклиналь. В пределах рудного комплекса последовательно выделяются три свиты пород ингуло-ингулецкой серии (снизу вверх): зеленореченская, артемовская и радионовская. Присутствуют также ультраметаморфические породы кировоградского комплекса. Основу железорудной толщи месторождения составляет артемовская свита, которая, совместно с образованиями

зеленореченской свиты, образует крылья Петровской синклинали. В ядре располагаются гнейсовые породы радионовской свиты. Строение рудной толщи существенно осложняется продольными и поперечными разрывными нарушениями, которые разбивают структуру на отдельные тектонические блоки. Дизъюнктивные нарушения заполняются телами аплит-пегматоидных гранитов [2, 9].

Продуктивная артемовская свита включает железорудные магнетитовые, силикат-магнетитовые и магнетит-силикатные кварциты с гранатом и ставролитом, а также безрудные амфибол-магнетит-кварц-пироксеновые сланцы. Последние характеризуются неяснослоистой текстурой и расположены между подстилающей гнейсовой толщей зеленореченской свиты и магнетитовыми кварцитами, залегающими выше. На макроуровне магнетитовые кварциты представляют собой серую породу, часто с зеленоватым оттенком. Выделяются полосчатой текстурой и среднезернистой структурой. Выше по разрезу магнетитовые кварциты переходят в силикат-магнетитовые разновидности с повышенным содержанием силикатов. Завершают разрез артемовской свиты линзы карбонатных пород с незначительным количеством магнетита. Мощность свиты достигает 200 м. Среднее содержание железа, связанного с магнетитом, составляет в бедных рудах 23,4 масс. % [9].

Железистые кварциты Петровского месторождения представляют значительную часть сырьевого потенциала Центрального ГОКа – одного из пяти действующих сегодня горно-обогатительных комбинатов, занимающихся добычей и последующим обогащением бедных железных руд Криворожского бассейна. С началом промышленной добычи магнетитовых кварцитов в 1976 г. и по настоящее время на месторождении периодически возникает проблема присутствия в рудах повышенных концентраций серы - вредной примеси, нежелательной для процессов дальнейшей металлургической переработки, осложняющей, к тому же, проведение взрывных работ. На отдельных участках ее содержание может достигать до 3 и более масс. % при допустимом сегодня на месторождении 0,10 - 0,20 масс. %. Поэтому выявление и постоянный мониторинг таких проблемных участков, актуализация существующих представлений о качественном составе, генезисе, распространении сульфидов в пределах продуктивной толщи месторождения имеет, безусловно, важное научное и прикладное значение. В частности, это обусловлено возрастанием требований современной металлургии к качественным показателям получаемых магнетитовых концентратов, необходимостью технологического снижения содержания в них вредных примесей, особенно связанных с присутствием сульфидной минерализации, важностью более рационального использования минерально-сырьевой базы рудного комплекса на основе повышения эффективности геолого-технологического картирования продуктивной толщи.

В представленной работе автором исследовался именно такой проблемный участок, насыщенный сульфидной минерализацией, расположенный на контакте магнетитовых кварцитов и вмещающих гнейсов в восточном борту действующего карьера № 3 Центрального ГОКа. Среднее содержание серы в отобранных пробах составило 1,04 масс. % при вариации значений от 0,06 до 3,35 масс. %. Протяженность исследованной зоны сульфидизации превысила 140 м при видимой мощности от 5 до 30 м.

**Анализ предыдущих исследований.** Изучению сульфидной минерализации в железистых породах Криворожского бассейна посвящен ряд научных исследований. Среди наиболее значимых следует выделить работы [1, 6, 7, 8, 12, 15] В них рассматриваются проблемы качественного состава сульфидов железисто-кремнистых и вмещающих пород Кривбасса, закономерности их генезиса, представлена специфика взаимоотношения сульфидов во времени и пространстве, изучены (прежде всего для пирита) разнообразные типоморфные качества (химический состав, морфология кристаллов, физические и конституционные признаки), раскрыты особенности изотопного состава серы сульфидов и некоторые другие вопросы. Несмотря на это, сульфидная минерализация продуктивной толщи Петровского месторождения продолжает оставаться без должного внимания исследователей. Наиболее изученными сегодня являются сульфиды Ингулецкого месторождения [1, 4, 8, 12], расположенного в южной части Криворожского бассейна. Сульфиды Петровского месторождения представлены лишь в работе [13], где кратко охарактеризованы геологические процессы, обусловившие закономерности перераспределения серы в пределах рудного комплекса. Для локализации сульфидов авторами выделяются процессы пегматитообразования и гидротермального минералогенеза.

Однако, нераскрытым остается целый ряд вопросов, связанных с проблемой сульфидизации магнетитовых кварцитов продуктивной толщи Петровского месторождения. В частности, представляются актуальными реконструкция общей последовательности образования сульфидных минералов, рассмотрение особенностей их взаимоотношений с первичными метаморфогенными компонентами (магнетит, кварц, силикаты) на уровне онтогенеза. Особый интерес вызывает фиксация необычных полифазных рудных псевдоморфоз, представленных образованиями сульфидов и вторичного магнетита в матрицах силикатов, что непосредственно связано с решением задач генетического и прикладного характера. Рассмотрению этих вопросов и посвящена настоящая работа.

**Цель работы** – минералогическое исследование магнетитовых кварцитов Петровского месторождения в участках интенсивного проявления сульфидной минерализации, присутствие которой негативно влияет на качественные показатели бедной железной руды.

**Изложение основного материала.** Основными минералами в материале изученных проб

выявились (объемн. %) кварц (54,40), магнетит (18,39), пирит (12,64), силикаты (8,83), пирротин (5,47), второстепенными – арсенопирит (0,18), халькопирит (0,07), апатит (0,02). Силикаты представлены ставролитом, сине-зеленой роговой обманкой, биотитом, хлоритом, селадонитом. Характерно, что количество сульфидов было сопоставимо с содержанием магнетита.

Известно, что образование сульфидов в железисто-кремнистых формациях сначала происходило в донных илах, которые были насыщены органическим веществом, что способствовало быстрому и полному восстановлению сульфатов до сульфидов [5]. В дальнейшем, на стадии регрессивного метаморфизма, сера могла экстрагироваться кислыми термальными растворами из первичных метаморфогенных сульфидов, мигрировать и накапливаться в геохимических ловушках разного уровня в виде вторичных сульфидов, представленных, прежде всего, пиритом. Такими ловушками

могли быть мелкие трещинные нарушения, участки микрокливажа разлома, интерстиции между индивидами минералов (рис. 1.а, б) и, в том числе, матрицы железосодержащих минералов по принципу геохимической общности (рис. 1.в, г). В нашем случае это индивиды железосодержащих силикатов, а также более ранних сульфидов, в матрицах которых осуществлялось проникновение и накопление ионов серы. Значительно в меньшей степени это явление наблюдается в магнетите. За счет большей хрупкости последнего сульфиды, как правило, кристаллизуются в нем, как и в кварце, по тонким трещинкам разрыва в виде мелких жилок различной направленности.

Особенно лояльными к сульфидизации оказались матрицы железосодержащих силикатов (ставролит, сине-зеленая роговая обманка, биотит), контуры которых нередко представляют собой полные сульфидные псевдоморфозы.

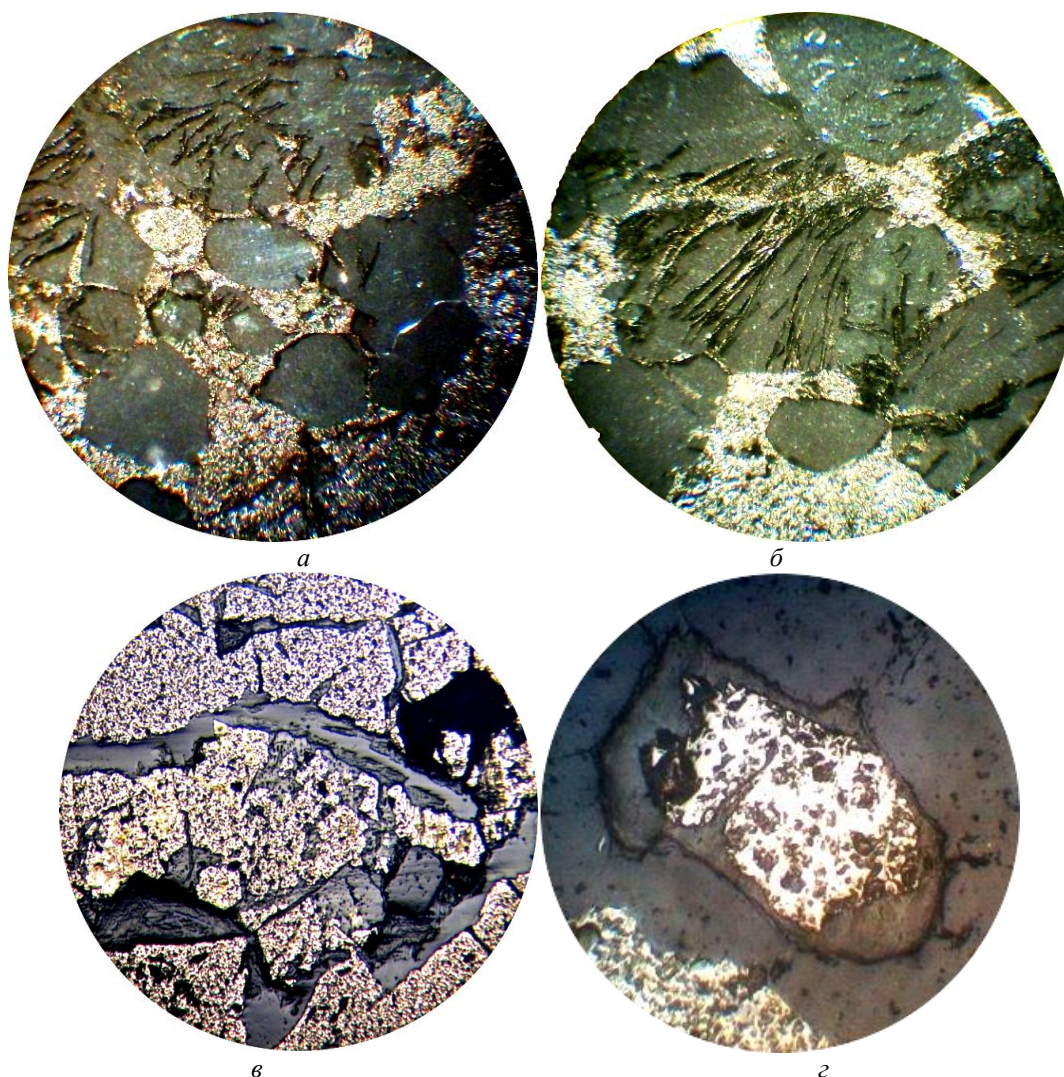


Рис. 1. Различные формы геохимических ловушек, в которых происходила локализация сульфидов:

а, б - отложение сульфидов (пирротина) по тонким трещинкам и в межзерновом пространстве агрегатов кварца; в, г - формирование пирита (в) и пирротина (г) в матрицах железосодержащих силикатов. а, б - свет проходящий, косой, без анализатора. Увеличение: 80<sup>x</sup>; в, г - свет отраженный, без анализатора. Увеличение: 150<sup>x</sup>.



Это можно объяснить нестабильностью структур силикатов под действием активных сульфидных растворов, что сопровождалось их разложением и высвобождением ионов железа. Химическое разрушение зерен силикатов обычно начиналось изнутри индивидов, без формирования классиче-

ского периферийного фронта наступления, с одновременным образованием многочисленных сульфидных "островков" (рис. 2.а), которые затем сливались между собой (рис. 2.б, в), а также в участках проявления микро- и ультрамикроротрещиноватости и пористости (рис. 2.г), с постепенным захватом всего индивида.

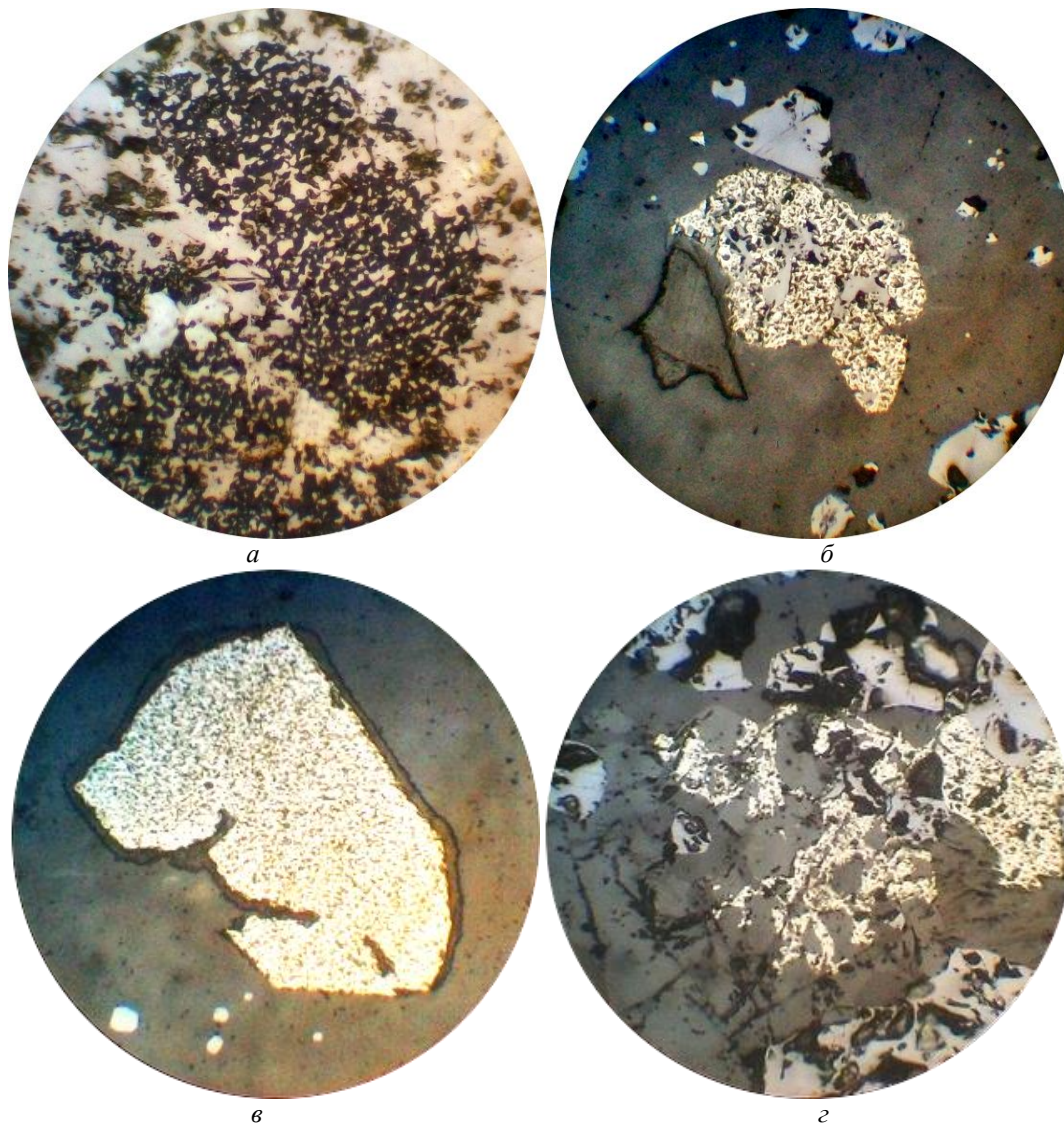


Рис. 2. Разнообразные варианты формирования импрегнационных псевдоморфоз замещения сульфидов по железосодержащим силикатам:

*а – скелетоподобный силикатный реликт (темно-серое) в массе новообразованного пирротина (бледно-розовое); б, в, г – различные эпизоды развития пирита (желтое) в силикатной матрице  
Свет отраженный, без анализатора. Увеличение: 150<sup>x</sup>.*

Тела силикатов оказались благоприятным субстратом для активного формирования в их матрицах сульфидной минерализации. Микроскопические наблюдения позволяют проследить различные эпизоды образования сульфидов в контурах первичных силикатов от начальных локальных проявлений островков замещения до полных импрегнационных псевдоморфоз в матрице протоминерала (см. рис. 2.). Перемещение вещества осуществлялось диффузным или капиллярным путем. Иногда в теле новообразованного сульфида сохраняются

контурные силикатные останцы, похожие на дендриты или на скелетные формы (см. рис. 2.а, б), а по периметру может проследиться тонкая реликтовая силикатная кайма (см. рис. 2. в).

Преимущественное формирование сульфидов именно по силикатам убедительно подтверждается тем фактом, что они, в частности, предпочитают образовываться по реликтовым фрагментам силикатов, которые сохранились внутри зерен магнетита, а не по самому магнетиту (рис. 3). Гистерогенный механизм образования сульфидов представляется,

в данном случае, некорректным, поскольку для этого в железосодержащих силикатных компонентах бедных руд априори не содержится достаточного количества серы.

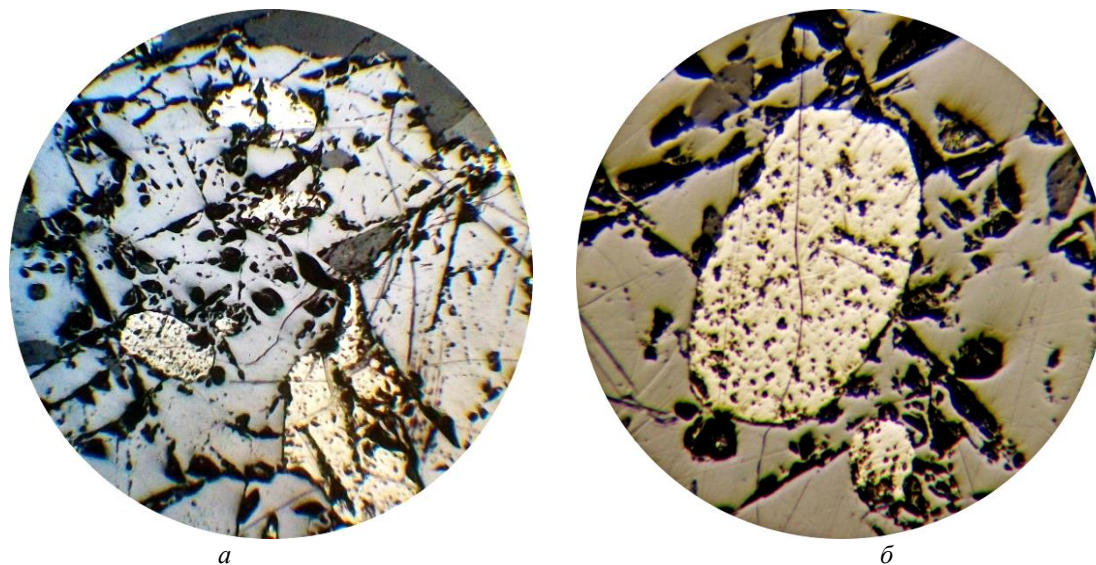


Рис. 3. Преимущественное развитие пирротина (бледно-розовые включения) по силикатным реликтам в индивидах магнетита (светло-серое).

Свет отраженный, без анализатора. Увеличение: а - 150х; б - 420х.

Предпочтительное развитие сульфидов в сланцевых горизонтах и даже в самостоятельных силикатных прослоях отмечается, в частности, в ряде публикаций [1, 3, 4, 8, 11]. В работе [8] авторы объясняют это высоким содержанием органики в первичных мелководных осадках пелитогенного происхождения, что приводило к сероводородному заражению придонной среды с последующим образованием сульфидов железа.

Онтогенетические исследования микроструктурных взаимоотношений минеральных фаз позволили нам выявить четкую последовательность формирования сульфидов. В результате, наиболее ранним из них оказался пирит, который в дальнейшем подвергся пирротинизации (дисульфид железа превращается в сульфид) возможно по такой формуле:  $2\text{FeS}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{FeS} + 2\text{HS}^- + \frac{1}{2}\text{O}_2$  [10].

Показательно, что в отраженном свете иногда наблюдается переходная форма сульфида, которая по цвету уже выглядит как пирротин, а по дефектному состоянию поверхности - еще как пирит. Именно развитием пирротина по пириту можно удовлетворительно объяснить, например, тот факт, что повышение содержания пирротина в продуктивной толще Ингулецкого месторождения Кривбасса всегда сопровождается пропорциональным снижением содержания пирита [12].

Следует также учитывать более высокую степень термодинамического преобразования пород продуктивной толщи Петровского месторождения, связанную с проявлением амфиболитовой, а местами и гранулитовой фации метаморфизма. В таких условиях существенно возрастают кислотность

порových метаморфогенных растворов а также связанная с этим активность железа. Пирит становится неустойчивым и переходит в пирротин [1, 8], что вполне согласуется с нашими наблюдениями.

Установлено, что в породах зеленокаменных поясов Украинского щита метасоматический пирротин сначала возникает в виде гексагональной полиморфной модификации сульфида железа, а затем превращается в моноклинную [10], которая характеризуется интенсивно выраженными ферромагнитными свойствами. Учитывая его тесные сростания с рудообразующими минералами, в том числе с магнетитом, следует ожидать активное попадание пирротина вместе с минералами сростков в магнетитовый концентрат, что может крайне негативно влиять на качественные показатели технологического продукта, полученного при обогащении железистых кварцитов.

Халькопирит в участках эпигенетической сульфидизации представлен редкими незначительными образованиями в агрегатах пирита и пирротина, как более поздний, низкотемпературный сульфид. Иногда замещает магнетит. Возможно возникновение халькопирита является следствием высвобождения и аккумуляции излишков серы при пирротинизации пирита.

Секреционное образование кристаллов арсениопирита объясняется, вероятно, самостоятельным гидротермальным этапом минералогенеза, без привлечения вещества вмещающей породы. Пространственно и генетически его индивиды никак не связаны с выделениями других сульфидов. Даже когда арсениопирит фиксируется в пределах выделений



пирита, его кристаллы все равно приурочены к мелким пустотам в теле дисульфида железа (рис. 4.а). Типичный ступенчатый микрорельеф с характерными штрихами-выступами, площадками и террасами (рис. 4.б) указывает на свободный рост кристаллов в микрополостях породы. В работе [10] подчеркивается совпадение кристаллизации арсениопирита с преобразованием гексагонального пирротина в моноклинную модификацию.

Внимание авторов также привлекло эпигенетическое происхождение определенной части маг-

нетита, который в исследованных пробах был представлен двумя генетическими формами. Возникновение магнетита первой генерации связывается с прогрессивным динамотермальным метаморфизмом, как и большинства минеральных компонентов в исследованных пробах железистых кварцитов. Его индивиды образуют полиэдрически-сростковые, ветвисто-сростковые, зернисто-вкрапленные агрегаты, формирующие рудные и малорудные прослои породы. Под микроскопом контуры выделений первичного магнетита в сечениях обычно более острые, угловатые.

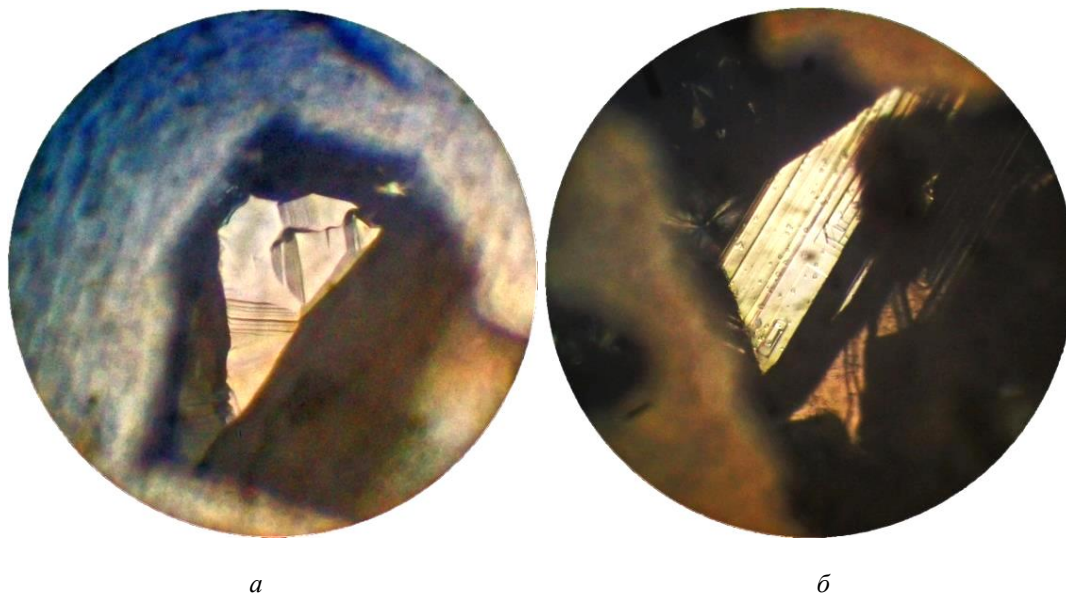


Рис. 4. Секреционное выделение кристаллов арсениопирита в микропустотах рудного матрикса.

*Пояснения в тексте.*

*Свет отраженный, без анализатора. Увеличение 180х.*

Магнетит второй генерации образуется в матрицах железосодержащих силикатов позднее, на стадии регрессивного метаморфизма, с формированием импрегнационных псевдоморфоз замещения по тому же самому механизму, по которому в телах силикатов образовались сульфиды. Но его появление, вероятно, была более ранним, что подтверждается развитием по магнетиту, в тех же псевдоморфозах, пирита и пирротина. Агрегаты эпигенетического магнетита полностью дублируют форму силикатов (рис. 5), отличаются существенно сглаженными контурами в сечениях, часто содержат реликтовые фрагменты полуразложившихся силикатных частиц. Микроскопические наблюдения

выявляют разнообразные эпизоды заполнения силикатных зерен магнетитом (рис. 6). В редких случаях на поверхности индивидов магнетита фиксировался типичный меандровый тип микрорельефа, что подтверждает его вторичное, метасоматическое происхождение [14]. Вопрос масштабов распространения этого явления требует более детального изучения. Также обя-

зательно следует учитывать возможность образования части эпигенетического магнетита за счет железа, которое первоначально находилось в силикатной матрице (гистерогенный механизм происхождения). Но такого железа было бы явно недостаточно для формирования полных магнетитовых псевдоморфоз.

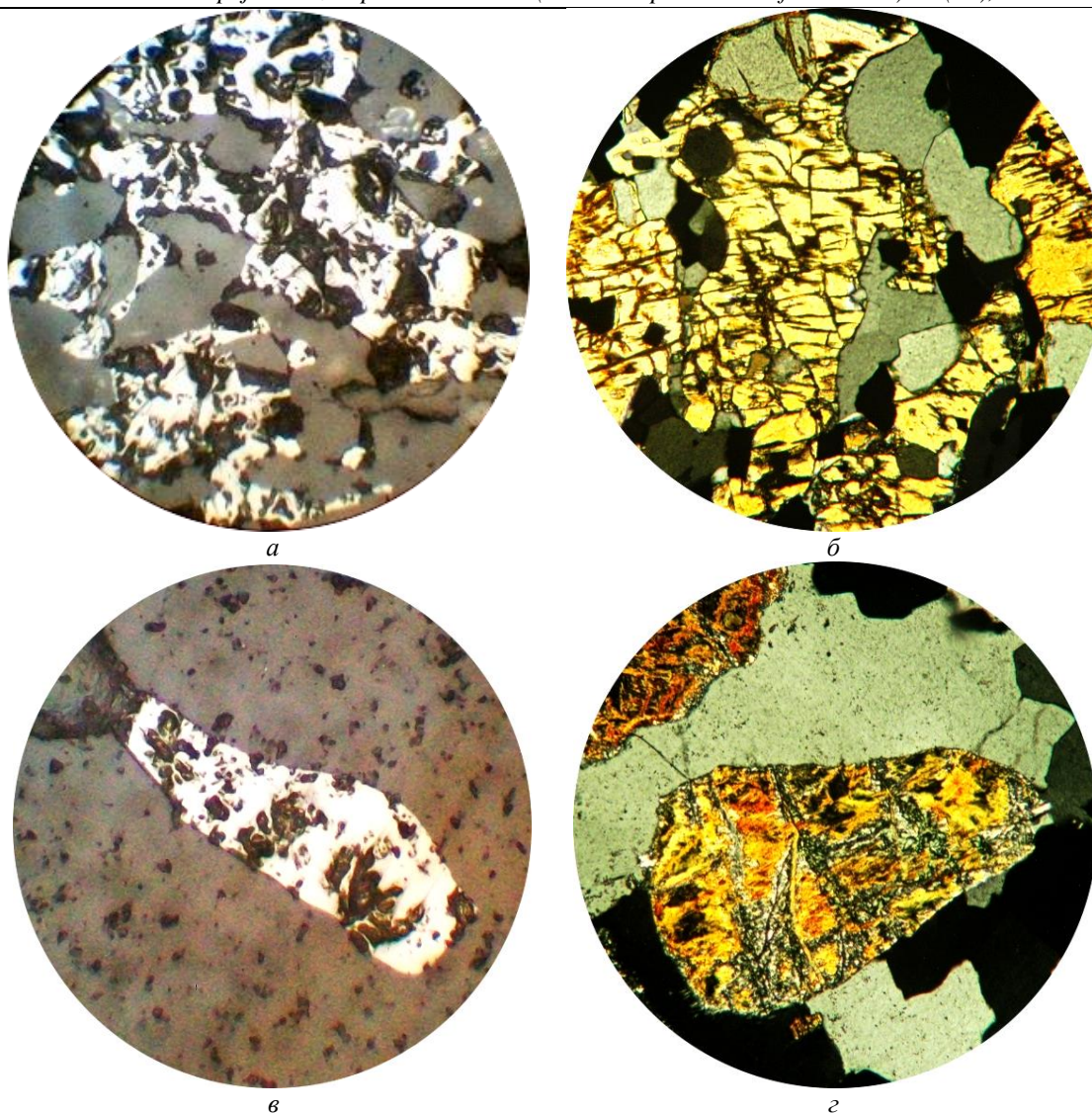


Рис. 5. Структурно-морфологическая идентичность выделений магнетита (а, в) и ставролита (б, з) в породе.

*а, в - свет отраженный, без анализатора; б, з - свет проходящий, с анализатором.  
Увеличение: а, в - 150<sup>x</sup>; б, з - 120<sup>x</sup>.*

Можно предположить, что образование магнетита в псевдоморфозах также связано с повышенной кислотностью растворов и высокой активностью железа в связи с возрастанием степени метаморфизма в минералообразующей системе, что,

по аналогии с сульфидами, сопровождалось частичным растворением и перераспределением первичного магнетита в матрицах силикатов. Следовательно, сульфидные растворы могли насыщаться «избыточным» железом, за счет которого кристаллизовался магнетит второй генерации.



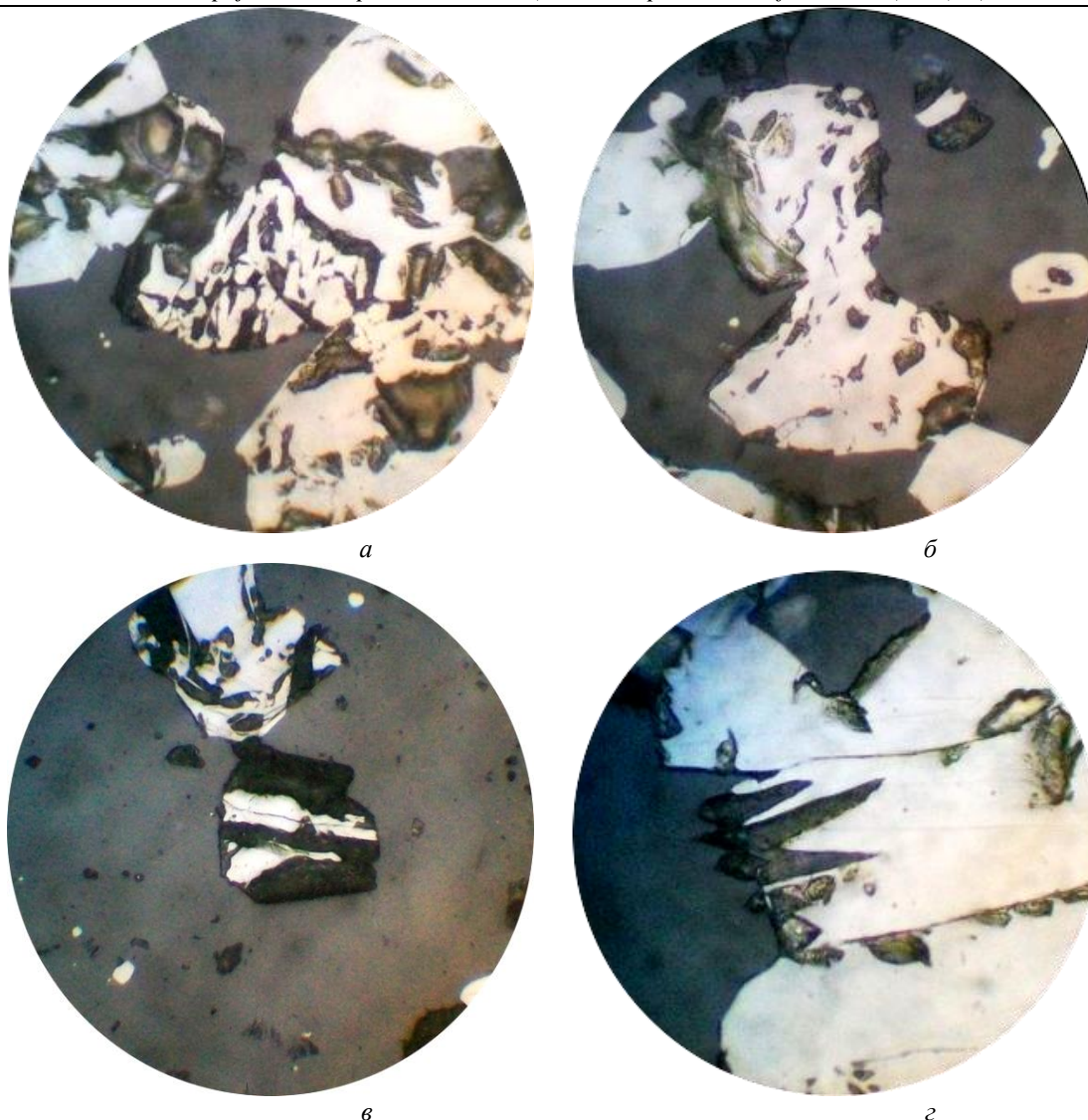


Рис. 6. Различные эпизоды заполнения матрицы силикатов магнетитом второй генерации.

Первичный минерал: а, б - ставролит; в, з - биотит.

Свет отраженный, без анализатора. Увеличение: 150х (а, б, в); 320х (з).

**Выводы.** В пределах исследованного участка месторождения сульфиды представлены пиритом и пирротинном, в крайне незначительных количествах – халькопиритом и арсенопиритом. Преимущественно локализуются в железосодержащих силикатных компонентах магнетитовых кварцитов и вмещающих пород. В агрегатах более хрупких кварца и магнетита – развиваются по тонким трещинным нарушениям. Неустойчивая силикатная матрица оказалась весьма благоприятной для различных метасоматических преобразований, связанных с активной циркуляцией серно-железистых гидротермальных растворов в породах продуктивной толщи. Она представляет эффективной универсальной геохимической ловушкой для локального накопления ионов серы и железа с образованием импрегнационных рудных полифазных псевдоморфоз. Полифазный характер подчеркивается одновременным присутствием даже в пределах одной пробы как разнообразных мономинеральных псевдоморфоз замещения, образованных

метасоматическим развитием пирита, пирротина или магнетита по силикатам (ставролиту, биотиту, роговой обманке и др.), так и формированием сложных полиминеральных рудных комплексов в матрицах силикатных индивидов.

В отличие от сульфидов, дополнительное образование эпигенетического магнетита можно рассматривать как положительное явление, с которым связывается повышение содержания Feмаг. в железистых кварцитах.

В пределах месторождения следует обязательно проводить систематический топогеологический мониторинг участков обогащения сульфидной минерализацией с целью их пространственной локализации и возможной селективной отработки при проведении добычных работ. В этой связи необходимо сделать акцент на железистых кварцитах, насыщенных силикатными компонентами, в матрицах которых локализуются сульфиды. Особо следует контролировать зоны, насыщенные



пирротином, обладающим ферромагнитными свойствами и легко извлекающимся в магнетитовый концентрат при обогащении. В технологическом плане, с учетом полифазности псевдоморфоз, наличием тонких взаимных прорастаний минералов, ситуация усугубляется образованием тонких, весьма сложных для раскрытия сростаний между магнитными пирротином и магнетитом с одной стороны и пиритом и силикатами – с другой, что существенно ухудшает качественные показатели железорудного концентрата и требует своего оперативного решения.

Также не следует забывать, что ореолы пирротинизации могут быть важным поисковым и прогностическим критерием золотого оруденения в пределах зон метасоматических преобразований, что является характерным для пород зеленокаменных поясов Украинского щита [10].

### Список литературы:

1. Ахкозов Ю.Л. Пирит-пирротиновая ассоциация в железистых породах Ингулецкого месторождения Кривбасса / Ю.Л. Ахкозов, И.В. Холошин, Е.Ю. Грицай, В.С. Вейцель // Геолого-минералогический вiсник.– 2004.– № 2.– С. 64-70.
2. Белевцев Я.Н. Условия образования и закономерности размещения железорудных формаций в докембрии Украинского щита / Я.Н. Белевцев, Ю.М. Епатко // Геология полезных ископаемых докембрия. – Ленинград: Наука, 1981.– С. 5-38.
3. Евтехов В.Д. Изменчивость минерального состава продуктивной толщи Петровского месторождения / В.Д. Евтехов, Д.М. Меньшиков // Геолого-минералогический вiсник.– 1999.– № 1.– С. 41-43.
4. Евтехов В.Д. Топоминералогия сульфидов Ингулецкого родовища / В.Д. Евтехов, А.Я. Смирнова, О.Т. Мачадо, Е.О. Беспояско // Геолого-минералогический вiсник.– 2000.– № 1-2.– С. 173-184.
5. Коптюх Ю.М. Изотопный состав и происхождение серы сульфидов железисто-кремнистой формации КМА и Кривого Рога / Ю.М. Коптюх // Проблема метаморфогенного рудообразования. – Киев: Наукова думка, 1974.– С. 211-212.
6. Лазаренко Е.К. Минералогия Криворожского бассейна / Е.К. Лазаренко, Ю.Г. Гершойг, Н.И. Бучинская, Р.Я. Белевцев, Д.К. Возняк, Ю.А. Галабурда, С.А. Галий, В.Н. Квасница, А.А. Кульчицкая, Ю.П. Мельник, В.С. Мельников, В.И. Павлишин, Б.И. Пирогов, Г.И. Туркевич. – Киев: Наукова думка, 1977.–544 с.
7. Оверчук В.М. Генетические особенности пород и руд Криворожского бассейна по данным изучения сульфидов железа / В.М. Оверчук. – Киев: Наукова думка, 1983.– 136 с.
8. Педан М.В. О минеральных формах серы и их распределении в железистых кварцитах Ингулецкого месторождения / М.В. Педан, М.И. Черновский, Л.П. Панова, В.А. Куповец // Геологический журнал.– 1973.– № 5.– С. 53-59.
9. Плотников О.В. Геолого-економічна переоцінка Петрівського родовища залізистих кварцитів (з техніко-економічним обґрунтуванням доцільності розробки первинних гематит-магнетитових кварцитів). Звіт про виконані роботи / О.В. Плотников, М.М. Курило, Р.І. Постолук та ін. // Кривий Ріг: Академія гірничих наук України. Відділення геології, геодезії, екології та картографії, 2012.– 294 с.
10. Скакун Л.З. Роль пирротина в локалізації золота в золоторудних месторождениях зеленокаменных поясов Украинского щита / Л.З. Скакун, А. Эль Айяши // Відомості Академії гірничих наук України.– 1997.– № 4.– С. 108-110.
11. Смирнова А.Я. До топомінералогії сульфідів продуктивної товщі Інгулецького родовища / А.Я. Смирнова, В.Д. Євтехов // Відомості Академії гірничих наук України.– 1997.– № 4.– С. 43-44.
12. Смирнова Г.Я. Прикладна мінералогія сульфідів залізородної товщі Інгулецького родовища (Криворізький басейн): автореф. дис. на здобуття вченого ступеню канд. геол. наук: спец. 04.00.20 «Мінералогія, кристалографія» / Г.Я. Смирнова // Криворізький технічний університет. – Кривий Ріг, 2001. - 20 с.
13. Смирнова Г.Я. Сульфідоносні залізисті кварцити Петровського родовища / Г.Я. Смирнова, І.В. Блоха // Геолого-минералогический вiсник.– 2003.– № 1.– С. 94-96.
14. Фекличев В.Г. Микросталломорфологический анализ / В.Г. Фекличев. – Москва: Наука, 1966.– 262 с.
15. Ярошук М.А. Сульфидная минерализация в железисто-кремнистых породах Криворожья / М.А. Ярошук, В.К. Куделя // Минералогия осадочных образований. – Киев: Наукова думка, 1976.– Вып. 3.– С. 41-46.

# МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

**Dubova L. V.**

*Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Prosthodontic Dentistry  
MSUMD named after A.I.Evdokimov*

**Ozhigov E.M.**

*Postgraduate Student, Department of Prosthodontic Dentistry  
MSUMD named after A.I.Evdokimov*

**Zolotnitskiy I.V.**

*Doctor of Medical Sciences, Professor of Prosthodontic Dentistry  
MSUMD named after A.I.Evdokimov*

**Malik M.V.**

*Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of Prosthodontic Dentistry  
MSUMD named after A.I.Evdokimov*

## ANALYSIS OF CHANGES OF BIOELECTRIC ACTIVITY OF MUSCLES IN PATIENTS USING REMOVABLE IMPLANT-RETAINED DENTURES FOR 12 MONTHS

**Дубова Любовь Валерьевна**

*Доктор медицинских наук, заведующий кафедры ортопедической стоматологии с/ф  
МГМСУ им. А.И.Евдокимова*

**Ожигов Евгений Михайлович**

*Аспирант кафедры ортопедической стоматологии с/ф  
МГМСУ им. А.И.Евдокимова*

**Золотницкий Игорь Валерьевич**

*Доктор медицинских наук, профессор кафедры ортопедической стоматологии с/ф  
МГМСУ им. А.И.Евдокимова*

**Малик Мария Васильевна**

*Кандидат медицинских наук, доцент кафедры ортопедической стоматологии с/ф  
МГМСУ им. А.И.Евдокимова*

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ МЫШЦ У ПАЦИЕНТОВ, ПОЛЬЗОВАВШИХСЯ СЪЕМНЫМИ ПОКРЫВНЫМИ ПРОТЕЗАМИ С ОПОРОЙ НА ИМПЛАНТАТЫ В ТЕЧЕНИЕ 12 МЕСЯЦЕВ

**Summary.** Edentulism is a common worldwide pathology. The development of diagnostic and prosthodontic methods has led to the possibility of making removable implant-retained dentures. However, the absence of parodont of the teeth calls a question of the physiology of the functioning of such types of dentures. Key words: implant, implant-retained denture, electromyography.

**Аннотация.** Полное отсутствие зубов на одной челюсти – часто встречаемая патология по всему миру. Развитие методов диагностики и ортопедического лечения таких пациентов привели к возможности изготовления съемных покрывных протезов с опорой на имплантаты. Однако, отсутствие пародонта зубов ставит под вопрос физиологичность функционирования данных видов конструкций. Ключевые слова: имплантат, съемный покрывной протез, электромиография.

### Постановка проблемы.

Одной из наиболее встречаемых патологий в ежедневной практике стоматолога-ортопеда является полное отсутствие зубов на одной или двух челюстях. По статистике, от данного вида патологии страдают около 2,3% населения Земли, т.е. порядка 150 миллионов человек обоих полов и всех возрастных групп. [5] Полное отсутствие зубов непосредственным образом влияет на качество жизни пациента, а также на состояние его здоровья. При отсутствии функциональной нагрузки на костную ткань челюстей происходит атрофия лицевого скелета, что в свою очередь сказывается на ухудшении фиксации полных съемных протезов.

Патология ВНЧС занимает особое место среди всех стоматологических заболеваний в связи со сложностью дифференциальной диагностики и, как

следствие, со сложностью проводимого лечения. Частота встречаемости данной патологии среди населения варьирует от 65% до 85% по данным разных авторов. [3]

У пациентов с полным отсутствием зубов съемные покрывные протезы с опорой на имплантаты являются вариантом выбора ортопедического лечения. [4] Улучшение стабильности и ретенции зубного протеза, увеличение силы сжатия челюстей, фонетической и функциональной эффективности находят отражение в большей удовлетворенности пациентов от результатов лечения.

Однако, возникает вопрос о регулировании жевательного цикла у таких пациентов. Как известно, чувствительным звеном регуляторной рефлекторной дуги является пародонт. Его отсутствие приво-

дит к исключению целого афферентного звена. Становится понятным, что регулирование деятельности жевательной системы берут на себя остальные элементы зубочелюстной системы. [6] Однако, из-за несоответствия специализаций разных элементов зубочелюстной системы новым функциям, необходимо определить возможность компенсации и установить наиболее предпочтительный вид ортопедического стоматологического лечения. [1, 2]

#### **Цель исследования.**

Изучить особенности показателей электромиографии у пациентов с полным отсутствием зубов при долговременном пользовании полных съемных покрывных протезов с опорой на имплантаты.

#### **Материалы и методы.**

Для участия в исследовании были отобраны пациенты, прошедшие дентальную имплантацию и последующее ортопедическое лечение съёмными покрывными протезами в период с 2007 по 2014 годы. Всего было обследовано 147 человек.

Каждому пациенту были установлены 4 имплантата на одной из челюстей фирмы Straumann серии Tissue Level. Ортопедическое лечение заключалось в изготовлении съёмного покрывного протеза с опорой на имплантаты с балочной системой фиксации и жесткими замковыми креплениями МК-1. Пациенты начинали ортопедическое стоматологическое лечение спустя 4-6 месяцев после установки имплантатов и полной их остеоинтеграции.

На момент начала исследования пациенты имели положительный опыт пользования съёмными покрывными протезами от 4 до 9 лет и обратились в клинику для диспансерного наблюдения. Нами были отобраны 41 пациент с истершимися искусственными зубными рядами. Им было предложено заменить искусственные зубы на новые. На выбор предлагали использовать стандартные гарнитурные наборы или изготовить индивидуальные фрезерованные зубы.

Клинический осмотр состоял из заполнения первичной документации, сбора анамнеза, внешнего осмотра, осмотра полости рта. Всем пациентам проводили полное функциональное обследование работы зубочелюстной системы при помощи комплекса BioPAK. В рамках данной исследовательской работы мы рассмотрим показатели артрофонографии и электромиографии.

Пациенты были разделены на 2 группы. Для группы №1, пациентам изготавливали съёмные покрывные протезы с индивидуальными искусственными фрезерованными зубами. Проводили процедуру TENS с целью определения оптимального нейромышечного соотношения челюстей с использованием жёстких базисов с окклюзионными валиками. После этого проводили аксиографию с целью определения суставных параметров для изготовления индивидуальных зубов. Для группы №2 использовали анатомо-физиологический метод определения соотношения челюстей с помощью жёстких базисов с окклюзионными валиками с

последующим изготовлением покрывных протезов со стандартными искусственными зубами.

После изготовления нового съёмного покрывного протеза пациентов обследовали с применением артровибрографии и электромиографии на сроках 1,2,3,6 и 12 месяцев от начала пользования новым протезом.

Полученные данные в конце исследования подвергали статистическим методам обработки данных.

Критериями включения пациентов в исследовательскую работу были:

1. Полное отсутствие зубов на одной челюсти
2. Наличие 4 имплантатов
3. Наличие съёмного покрывного протеза с опорой на имплантаты на одной из челюстей
4. Отсутствие выраженной дисфункции ВНЧС

Критерии невключения пациентов в исследовательскую работу:

1. Наличие водителя ритма сердца
2. Наличие невритов, невралгий и невропатий нервов лица и шеи в анамнезе жизни пациента
3. Наличие патологий щитовидной железы в анамнезе жизни пациента
4. Наличие перенесённых операций на глазах в анамнезе жизни пациента.

Оценку состояния ВНЧС производили с использованием метода артровибрографии. Данный метод позволяет записывать звуковые явления при функционировании ВНЧС и в дальнейшем производить анализ полученных шумов. Полученные данные крайне важны для диагностики дисфункций ВНЧС. Артровибрография является быстрым способом оценки состояния тканей и структур, из которых состоит ВНЧС. Методика проведения данного исследования соответствовала общепринятым стандартам.

Оценку биопотенциала мышц производилась при помощи электромиографа. Электромиография – один из элементов функциональной диагностики, позволяющий объективно оценить электрическую биоактивность мышц, симметрию работы парных мышц, синергизм работы жевательных групп мышц. В нашем исследовании мы использовали поверхностную электромиографию как инструмент оценки исходного состояния мышц пациента перед началом исследований и на каждом запланированном сроке исследования.

Биоэлектрический потенциал мышц – непосредственная абсолютная характеристика работы и состояния мышц, выраженная в микровольтах. Так, нормой для височных и жевательных мышц в состоянии покоя являются значения 1,0-1,5 мкВ, при глотании – 30,0-70,0 мкВ, при сжатии – 100,0-300,0 мкВ. Симметричность работы – показатель синхронности работы пар мышц. Нормальные значения данных параметров: 80%-100%.

Стандартный протокол проведения электромиографии включает в себя измерения биоактивности мышц в пяти функциональных пробах:

1. Физиологический покой

2. Привычная окклюзия
3. Глотание
4. Максимальное волевое сжатие
5. Сжатие на ватных валиках

В нашей исследовательской работе мы использовали электромиограф и программное обеспечение BioEMG II из комплекта BioPAK фирмы Bioresearch. Запись осуществляли в многопоточным режиме, что позволяло сразу работать с четырьмя парами мышц, с использованием нулевого электрода для фильтрации помех, создаваемых кожей.

В нашем исследовании мы анализировали данные, полученные с переднего пучка височных и жевательных мышц. Область прикрепления электродов определяли пальпаторно. Передний пучок пальпировали двумя пальцами в области виска, латеральнее наружного угла глаза. Жевательные мышцы пальпировали в области угла нижней челюсти, вдоль воображаемой линии, соединяющей угол нижней челюсти и наружный угол глаза. Электроды накладывали вдоль мышечных волокон. Электрод, который использовался в качестве нулевого, располагали в неподвижной области: лоб или надключичная область.

Пациент во время проведения записи ЭМГ сидит прямо, неподвижно, голова в естественном положении. По причине зависимости показателей ра-

боты мышц от многих внешних факторов, пациентов предупреждали о необходимости отказа от приема миорелаксантов, нейролептиков, успокоительных, а также от курения за 24 часа до приема.

#### Результаты.

Для группы №1, пациентов, которым были изготовлены покрывные протезы с индивидуальными фрезерованными искусственными зубами, мы получили следующие данные. В состоянии покоя средние значения биопотенциала на разных этапах (сроках) исследования составили: для правой височной мышцы –  $2,09 \pm 0,05$  мкВ, для левой височной –  $2,24 \pm 0,08$  мкВ, для правой жевательной –  $2,34 \pm 0,08$  мкВ, для левой жевательной –  $2,43 \pm 0,09$  мкВ. Таким образом, показатели значений биоэлектрической активности височных и жевательных мышц в состоянии покоя до момента замены покрывного протеза характеризуются как повышенные. В процессе эксплуатации и адаптации к протезу наблюдалось устойчивое снижение абсолютных показателей биопотенциала для височных и жевательных мышц. Значения биопотенциалов мышц на момент 12 месяцев пользования протезами характеризуются как повышенные. Однако, по сравнению с первоначальными данными значения уменьшились на 7,87-21,95%. Динамика изменения показателей биопотенциала мышц представлена на рисунке 1.

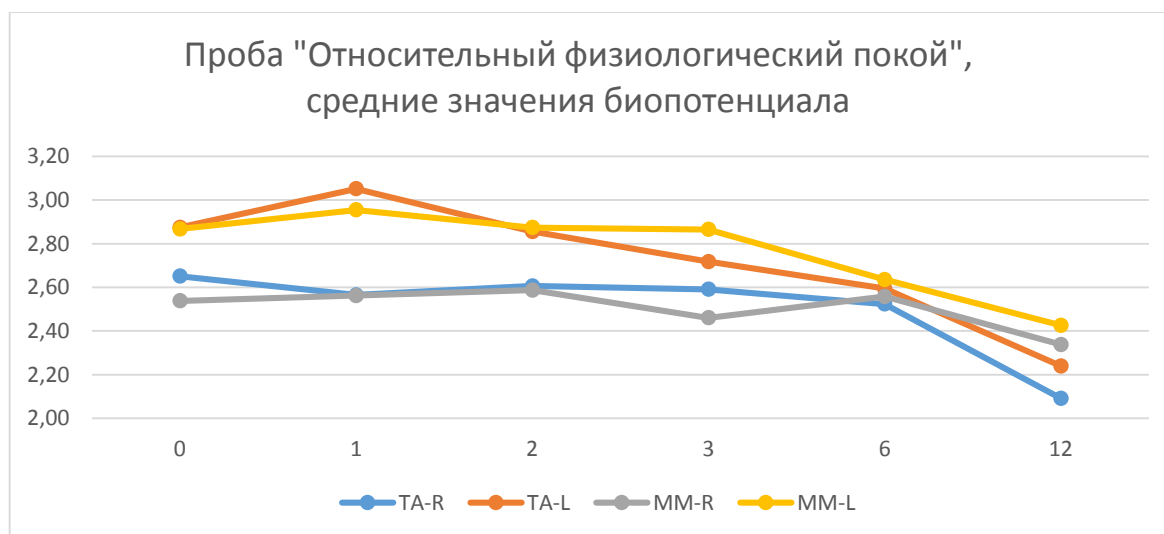


Рисунок 1. Изменение биопотенциалов мышц у пациентов группы №1

Значения симметрии работы височных и жевательных мышц на момент окончания исследования составили:

1. симметрия работы височных мышц –  $93,38 \pm 1,92\%$ , увеличилась на 1,15% относительно начальных значений,

2. симметрия работы жевательных мышц –  $96,38 \pm 2,07\%$  увеличилась на 7,85% относительно начальных значений.

Показатели симметрии работы височных и жевательных мышц в состоянии покоя на момент окончания исследования соответствуют норме.

В состоянии привычной окклюзии у пациентов группы №1 мы получили следующие данные:

1. правая височная мышца –  $2,40 \pm 0,09$  мкВ, уменьшился на 42,44% относительно начальных значений,

2. левая височная мышца –  $2,17 \pm 0,10$  мкВ, уменьшился на 49,77%,

3. правая жевательная мышца –  $2,27 \pm 0,07$  мкВ, уменьшился на 30,58%,

4. левая жевательная мышца –  $2,33 \pm 0,08$  мкВ, уменьшился на 33,99%.

Начальные показатели можно охарактеризовать как сильно повышенные. Абсолютные показатели на момент окончания исследования, также как и в пробе покоя, оставались в зоне повышенных

значений. Динамика изменений значений биопотенциала отображена на рисунке 2.

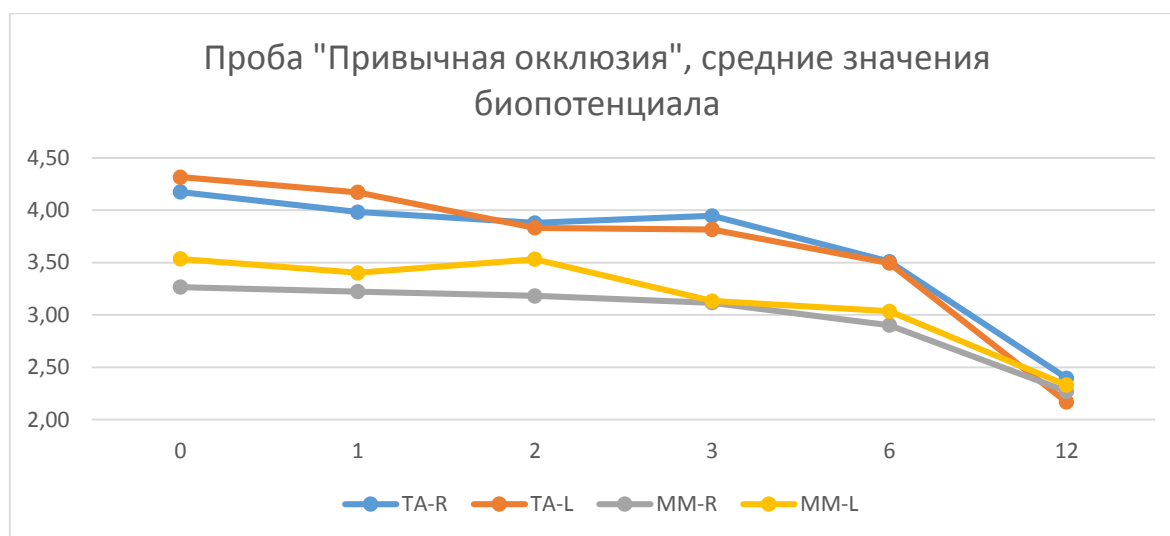


Рисунок 2. Изменение биопотенциалов мышц у пациентов группы №1

Значения симметрии работы височных и жевательных мышц на момент окончания исследования составили:

1. симметрия работы височных мышц –  $90,52 \pm 2,72\%$ , уменьшилась на 6,2% относительно начальных значений
2. симметрия работы жевательных мышц –  $97,43 \pm 2,24\%$ , увеличилась на 5,01%

Показатели симметрии работы височных и жевательных мышц в состоянии привычной окклюзии на момент окончания исследования соответствовали норме.

Значения биопотенциала мышц у пациентов группы №1 при глотании слюны составили:

1. правая височная мышца –  $40,96 \pm 2,82$  мкВ, увеличился на 184,84% относительно начальных значений,
2. левая височная мышца –  $40,09 \pm 3,21$  мкВ, увеличился на 216,17%,
3. правая жевательная мышца –  $40,23 \pm 1,82$  мкВ, увеличился на 200,45%,
4. левая жевательная мышца –  $43,52 \pm 2,91$  мкВ, увеличился на 278,11%.

Динамика изменения значений потенциала отражена на рисунке 3.

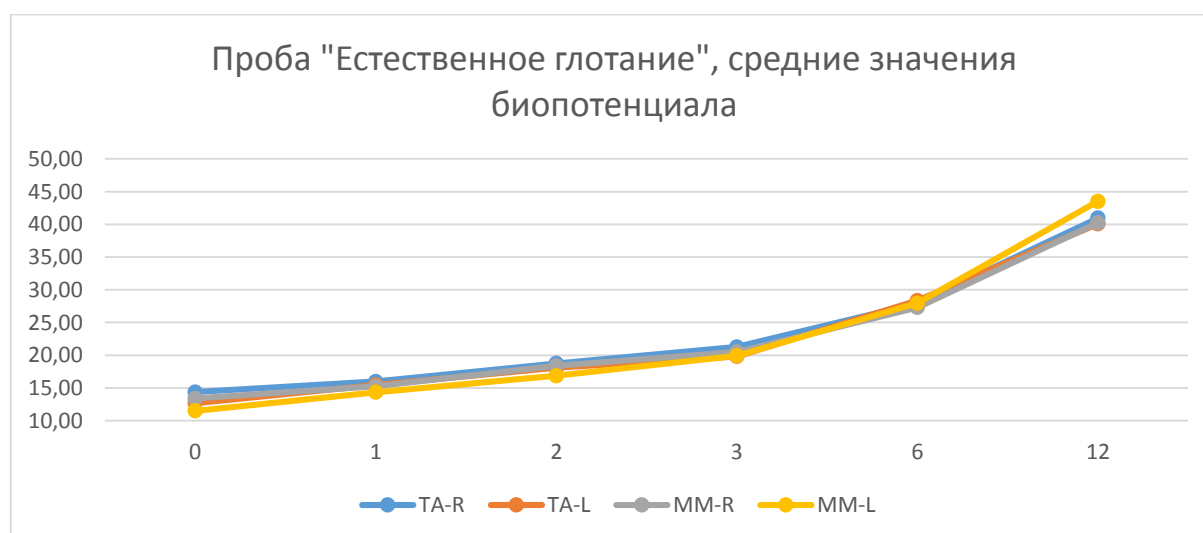


Рисунок 3. Изменение биопотенциалов мышц у пациентов группы №1

Абсолютные показатели значений биопотенциалов мышц при глотании можно охарактеризовать как нормальные.

Значения симметрии работы височных и жевательных мышц на момент окончания исследования составили:

1. симметрия работы височных мышц –  $97,87 \pm 3,69\%$ , увеличилась на 9,72% относительно начальных значений,
2. симметрия работы жевательных мышц –  $92,463 \pm 3,59\%$ , увеличилась на 6,55%

Показатели симметрии работы височных и жевательных мышц при глотании на момент окончания исследования соответствуют норме.

При максимальном волевом сжатии на момент окончания исследования у пациентов группы № 1 наблюдались следующие значения:

1. правая височная мышца –  $183,03 \pm 15,32$  мкВ, увеличился на 68,5% относительно начальных значений,

2. левая височная мышца –  $185,97 \pm 17,71$  мкВ, увеличился на 96%,

3. правая жевательная мышца –  $180,62 \pm 10,84$  мкВ, увеличился на 77,04%,

4. левая жевательная мышца –  $206,94 \pm 18,46$  мкВ, увеличился на 90,06%.

Динамика изменения отражена на рисунке 4.

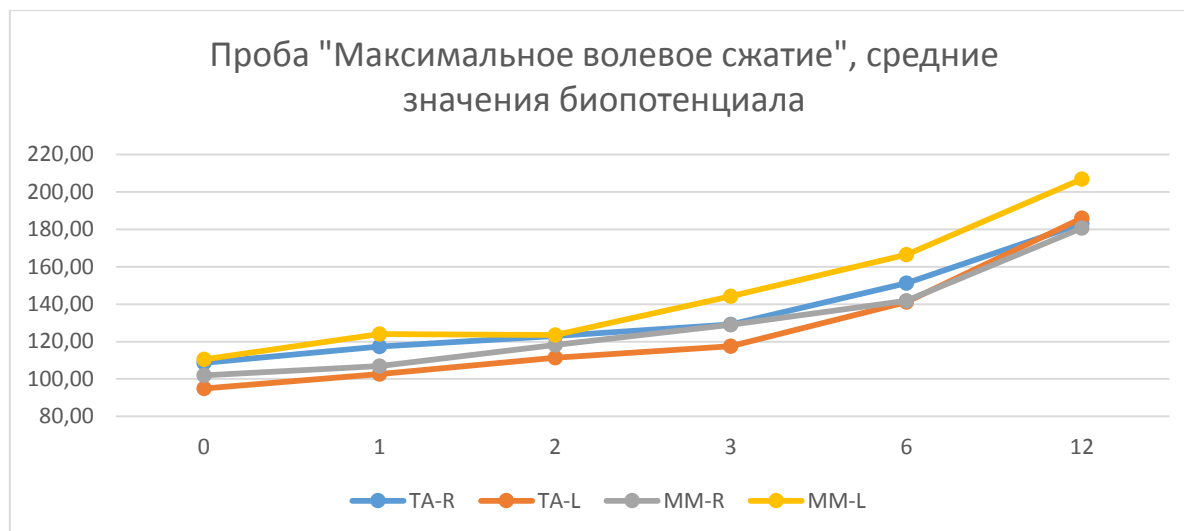


Рисунок 4. Изменение биопотенциалов мышц у пациентов группы №1

Абсолютные показатели значений биопотенциалов мышц характеризуются как нормальные.

Значения симметрии работы височных и жевательных мышц на момент окончания исследования составили:

1. симметрия работы височных мышц –  $98,42 \pm 3,35\%$ , увеличилась на 11,06% относительно начальных значений,

2. симметрия работы жевательных мышц –  $87,28 \pm 4,2\%$ , уменьшилась на 5,08%.

Показатели симметрии работы височных и жевательных мышц при максимальном волевом сжатии на момент окончания исследования соответствовали норме.

При пробе сжатия на валиках на момент окончания исследования наблюдали следующие значения биопотенциала у пациентов группы №1:

1. правая височная мышца –  $167,39 \pm 13,65$  мкВ, увеличился на 36,22% относительно начальных значений,

2. левая височная мышца –  $159,14 \pm 11,7$  мкВ, увеличился на 36,85%,

3. правая жевательная мышца –  $127,19 \pm 11,13$  мкВ, увеличился на 25,11%,

4. левая жевательная мышца –  $138,55 \pm 10,2$  мкВ, уменьшился на 0,06%.

Изменения биопотенциала мышц отображены на рисунке 5.

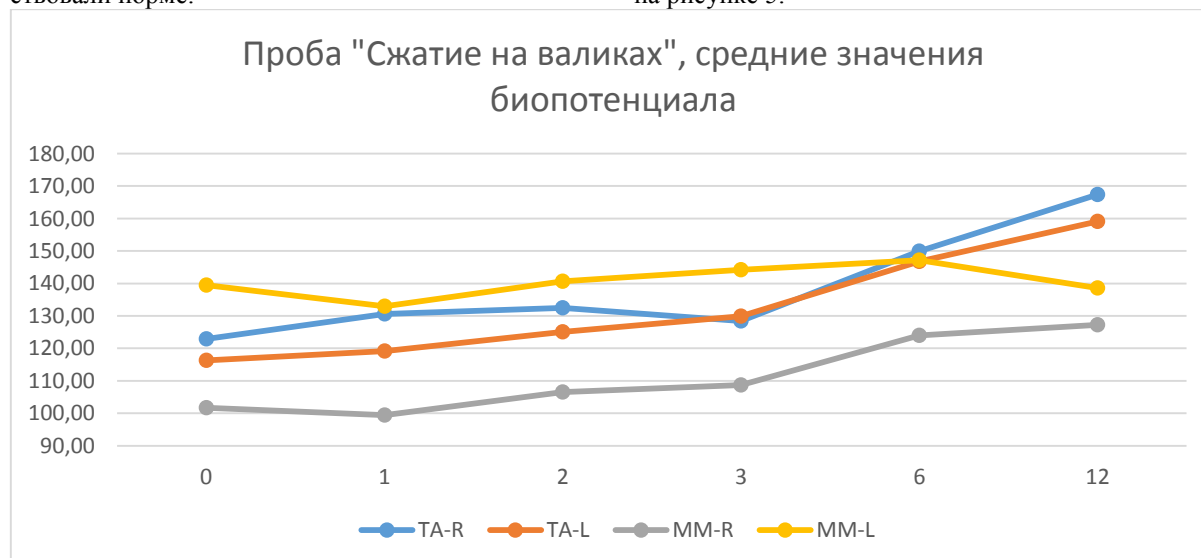


Рисунок 5. Изменение биопотенциалов мышц у пациентов группы №1

Абсолютные показатели значений биопотенциалов мышц характеризуются как нормальные.

Значения симметрии работы височных и жевательных мышц на момент окончания исследования составили:

1. симметрия работы височных мышц –  $95,07 \pm 4,93\%$ , увеличилась на  $0,44\%$  относительно начальных значений,

2. симметрия работы жевательных мышц –  $91,8 \pm 4,36\%$ , уменьшилась на  $18,88\%$ .

Показатели симметрии работы височных и жевательных мышц при сжатии на валиках на момент окончания исследования соответствуют норме.

Для пациентов группы №2, которым были изготовлены покрывные протезы со стандартными искусственными зубами, мы получили следующие данные. В состоянии покоя средние значения биопотенциала на разных этапах (сроках) исследования составили:

1. правая височная мышца –  $2,76 \pm 0,08$  мкВ
2. левая височная мышца –  $2,58 \pm 0,08$  мкВ
3. правая жевательная мышца –  $2,63 \pm 0,08$  мкВ
4. левая жевательная мышца –  $2,54 \pm 0,1$  мкВ

Таким образом, показатели значений биоэлектрической активности височных и жевательных мышц в состоянии покоя до момента замены покрывного протеза характеризуются как повышенные. В процессе эксплуатации и адаптации к протезу наблюдали устойчивое снижение абсолютных показателей биопотенциала для височных и жевательных мышц. Окончательные значения биопотенциалов мышц тоже характеризуются как повышенные. Однако, по сравнению с первоначальными данными значения уменьшились на  $8,86-17,8\%$ . Динамика изменения показателей биопотенциала мышц представлена на

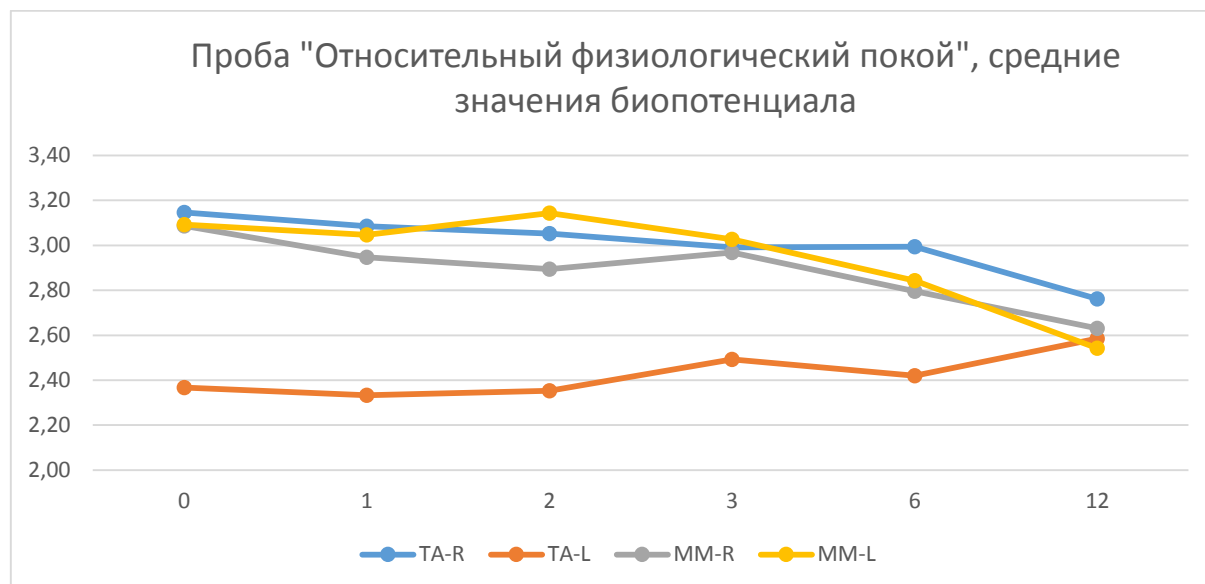


Рисунок 6. Изменение биопотенциалов мышц у пациентов группы №2

Значения симметрии работы височных и жевательных мышц на момент окончания исследования составили:

1. симметрия работы височных мышц –  $78,97 \pm 2,14\%$ , увеличилась на  $20,75\%$  относительно начальных значений,

2. симметрия работы жевательных мышц –  $77,99 \pm 2,92\%$ , увеличилась на  $7,85\%$ .

Показатели симметрии работы височных и жевательных мышц в состоянии покоя на момент окончания исследования соответствуют норме.

В состоянии привычной окклюзии у пациентов группы №2 мы получили следующие данные:

1. правая височная мышца –  $4,07 \pm 0,27$  мкВ, увеличился на  $1,75\%$  относительно начальных значений,
2. левая височная мышца –  $3,93 \pm 0,28$  мкВ, увеличился на  $13,25\%$ ,
3. правая жевательная мышца –  $4,61 \pm 0,34$  мкВ, увеличился на  $14,96\%$ ,
4. левая жевательная мышца –  $5,01 \pm 0,33$  мкВ, увеличился на  $43,55\%$ .

Начальные показатели можно охарактеризовать как сильно повышенные. Абсолютные показатели на момент окончания исследования, также как и в пробе покоя, оставались в зоне повышенных значений. Динамика изменений значений биопотенциала отображена на рисунке 7.

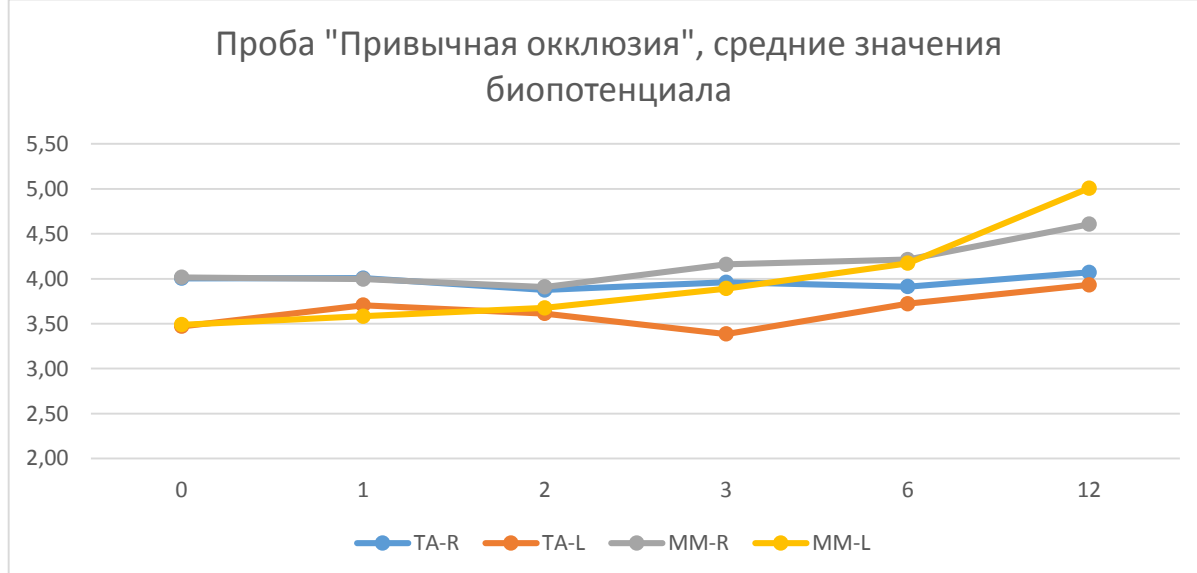


Рисунок 7. Изменение биопотенциалов мышц у пациентов группы №2

Значения симметрии работы височных и жевательных мышц на момент окончания исследования составили:

1. симметрия работы височных мышц –  $73,81 \pm 2,95\%$ , увеличилась на  $13,67\%$  относительно начальных значений,

2. симметрия работы жевательных мышц –  $59,61 \pm 4,94\%$ , уменьшилась на  $8,26\%$ .

Показатели симметрии работы височных и жевательных мышц в состоянии привычной окклюзии на момент окончания исследования соответствовали норме.

Значения биопотенциала мышц у пациентов группы №2 при глотании слюны составили:

1. правая височная мышца –  $20,08 \pm 1,7$  мкВ, увеличился на  $13,31\%$  относительно начальных значений,

2. левая височная мышца –  $23,06 \pm 1,65$  мкВ, увеличился на  $86,12\%$ ,

3. правая жевательная мышца –  $21,7 \pm 2,06$  мкВ, увеличился на  $47,92\%$ ,

4. левая жевательная мышца –  $24,62 \pm 2$  мкВ, увеличился на  $94,93\%$ .

Динамика изменения значений потенциала отражена на рисунке 8.

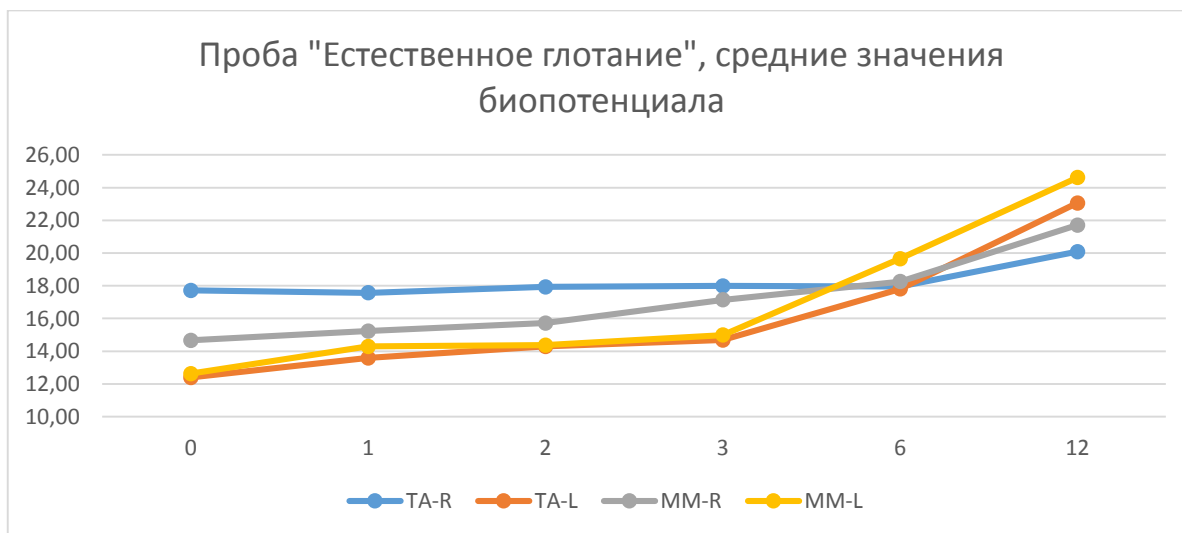


Рисунок 8. Изменение биопотенциалов мышц у пациентов группы №2

Абсолютные показатели значений биопотенциалов мышц характеризуются как нормальные.

Значения симметрии работы височных и жевательных мышц на момент окончания исследования составили:

1. симметрия работы височных мышц –  $62,71 \pm 4,86\%$ , увеличилась на  $10,51\%$  относительно начальных значений,

2. симметрия работы жевательных мышц –  $48,44 \pm 4,53\%$ , уменьшилась на  $13,37\%$ .

Показатели симметрии работы височных и жевательных мышц при глотании на момент окончания исследования соответствуют норме.

При максимальном волевом сжатии у пациентов группы № 2 наблюдали следующие значения:



1. правая височная мышца –  $81,17 \pm 3,78$  мкВ, уменьшился на 18,16% относительно начальных значений,
2. левая височная мышца –  $87,51 \pm 2,74$  мкВ, уменьшился на 17,62%,

3. правая жевательная мышца –  $87,93 \pm 3,43$  мкВ, уменьшился на 6,76%,
  4. левая жевательная мышца –  $81,46 \pm 4,16$  мкВ, уменьшился на 30,97%.
- Динамика изменения отражена на рисунке 9.

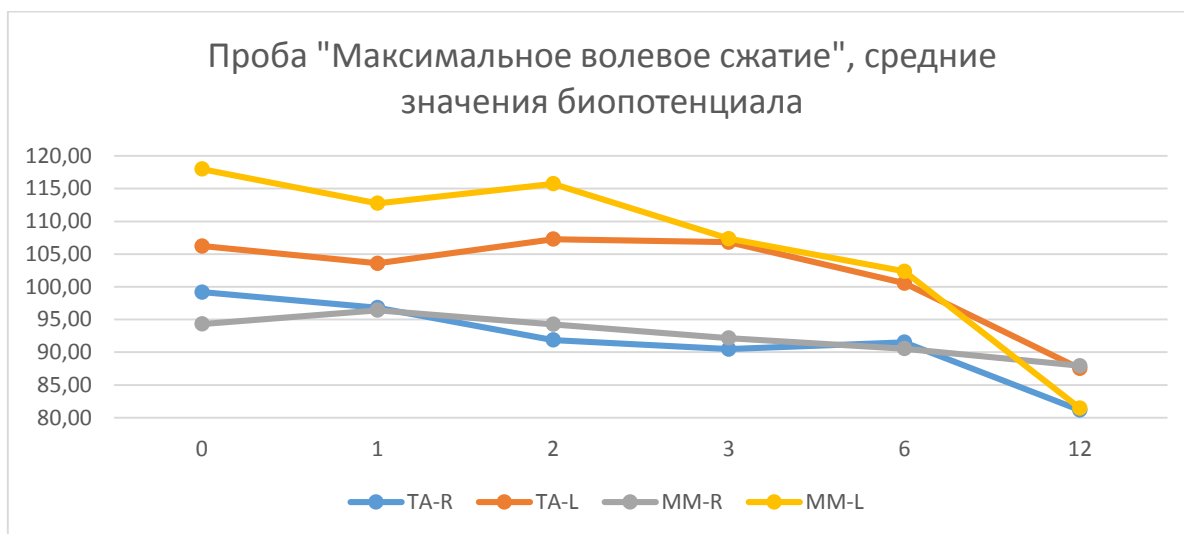


Рисунок 9. Изменение биопотенциалов мышц у пациентов группы №2

Абсолютные показатели значений биопотенциалов мышц характеризуются как нормальные.

Значения симметрии работы височных и жевательных мышц на момент окончания исследования составили:

1. симметрия работы височных мышц –  $77,7 \pm 2,93\%$ , увеличилась на 14,97% относительно начальных значений,
2. симметрия работы жевательных мышц –  $75,74 \pm 3,21\%$ , увеличилась на 16,28%.

Показатели симметрии работы височных и жевательных мышц при максимальном волевом сжатии на момент окончания исследования соответствуют норме.

При пробе сжатия на валиках наблюдали следующие значения биопотенциала у пациентов группы №2:

1. правая височная мышца –  $143,15 \pm 11,27$  мкВ, увеличился на 41,79% относительно начальных значений,
2. левая височная мышца –  $147,02 \pm 8,32$  мкВ, увеличился на 35,82%,
3. правая жевательная мышца –  $122,8 \pm 12,67$  мкВ, увеличился на 13,29%,
4. левая жевательная мышца –  $139,05 \pm 13,33$  мкВ, уменьшился на 25,89%.

Изменения биопотенциала мышц отображены на рисунке 10.

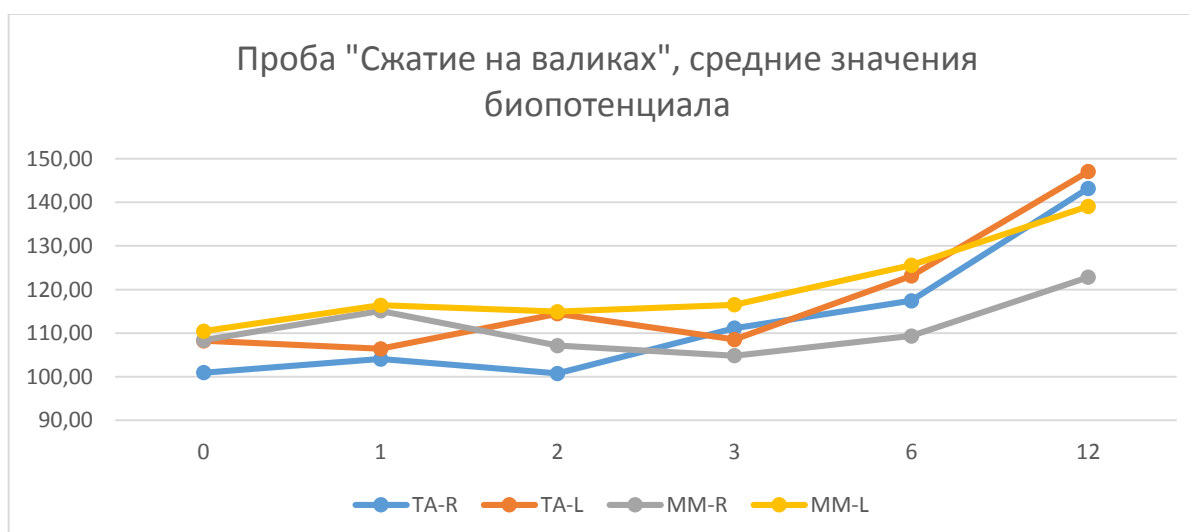


Рисунок 10. Изменение биопотенциалов мышц у пациентов группы №2 в пробе «Сжатие на валиках»

Абсолютные показатели значений биопотенциалов мышц характеризуются как нормальные.

Значения симметрии работы височных и жевательных мышц на момент окончания исследования составили:

1. симметрия работы височных мышц –  $65,38 \pm 3,79\%$ , уменьшилась на  $5,51\%$  относительно начальных значений,

2. симметрия работы жевательных мышц –  $54,72 \pm 4,4\%$ , уменьшилась на  $8,52\%$ .

Показатели симметрии работы височных и жевательных мышц при сжатии на валиках на момент окончания исследования соответствуют норме.

#### **Выводы и предложения.**

Долговременное пользование съемными покрывными протезами с опорой на имплантаты вызывает выраженные изменения в функционировании мышечного аппарата зубочелюстной системы. Наблюдается повышение биопотенциалов мышц при покое и привычной окклюзии. В то же время снижаются показатели активности мышц в пробах сжатия и глотания. Подобные эффекты наблюдали как у пациентов, пользовавшихся данным типом конструкций на протяжении многих лет, так и у пациентов группы №2, пользовавшихся новыми конструкциями в течение года. Однако, как показывают данные, полученные у пациентов группы №1, использование нейромышечного подхода в реабилитации таких пациентов позволяет добиться более оптимальных результатов. На момент окончания исследования, у пациентов группы №1 наблюдали нормальные значения биопотенциалов мышц по всем пробам, кроме «покоя» и «привычной окклюзии», в которых наблюдали немного повышенные относительно нормы значения.

#### **Список литературы.**

1. Basri R., Nishi S., Alam M. Uses of electromyography in dentistry: An overview with meta-analysis // *European Journal of Dentistry, Medknow.* – 2016. – #10. – p. 419
2. Fueki K., Kimoto K., Ogawa T., Garrett N. R. Effect of implant-supported or retained dentures on masticatory performance: A systematic review // *The Journal of Prosthetic Dentistry, Elsevier BV.* – 2007. – Vol. 98(6). – pp. 470–477
3. Katyayan M., Katyayan P. Patel G. Association of edentulousness and removable prosthesis rehabilitation with severity of signs and symptoms of temporomandibular disorders // *Indian Journal of Dental Research, Medknow.* – 2016. – Vol. 27(2). – pp. 127
4. Pan, Y.H., Yu, L.M. and Lin, T.M. Dental implant retained mandibular overdenture therapy: A clinical study of patients' response // *Journal of Dental Sciences, Elsevier BV.* – 2014. – Vol. 9(2). – pp. 118–124
5. Vos T. et al. Years lived with disability (YLDs) for 1160 sequelae of 289 diseases and injuries 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010 // *The Lancet, Elsevier BV.* – 2012. – Vol. 380(9859). – pp. 2163–2196
6. Мельник А.С., Савельев В.В. Анализ биоэлектрических потенциалов жевательных мышц и траекторий движения нижней челюсти у пациентов от 18 до 25 лет без признаков патологии ВНЧС диагностическим комплексом BioPAK // *Качество Оказания Медицинской Стоматологической Помощи: Способы Достижения, Критерии И Методы Оценки Сборник Статей Международной Научно-Практической Конференции.* – 2016. – с. 115-120

**Pantus A. V.**

*PhD, ass.professor, Department of surgical dentistry  
Ivano-Frankivsk National Medical University*

## **THE STUDY OF THE MORPHOMETRIC FEATURES OF CAPILLARY NETWORK AFTER THREE MONTHS OF POROUS FIBER MATRIX IMPLANTATION**

**Пантус Андрій Володимирович**

*Кандидат медичних наук, доцент кафедри хірургічної стоматології  
ДВНЗ “Івано-Франківський національний медичний університет”*

## **ВИВЧЕННЯ МОРФОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАПІЛЯРНОЇ СІТКИ НА ПІЗНІХ ЕТАПАХ СУБКУТАННОЇ ІМПЛАНТАЦІЇ ПОРИСТОГО ВОЛОКНИСТОГО МАТРИКСУ**

**Анотація.** Проблема, що стоїть перед тканинною інженерією полягає в тому, щоб оптимізувати виділення, розмноження і диференціювання клітин, сконструювати матрикси або системи доставки, сприяючи підтримці, координації регенерації тканин у трьох вимірах. Одним із важливих критеріїв, який повинен враховуватись при конструюванні матриксу – його здатність підтримувати стабільну гемодинаміку всередині та навколо каркасу. Мета дослідження – експериментально оцінити характер розвитку судинної сітки на пізніх етапах субкутанної імплантації біополімерного волокнистого матриксу.

Дослідження проводилось на 20 лабораторних тваринах (кролі), які були поділені на 2 групи. Першій групі порівняння: 10-ом тваринам проводилось оперативне втручання, яке включало формування «кишені» в підшкірній клітковині та накладання швів. Другій групі: 10-ом тваринам проводилась підшкірна імплантація біополімерного матриксу в ділянку спини між лопатками. Для дослідження брали 9 сегментів: один центрально розташований і по 4 сегменти з парацентральної та з периферичної зон.

Статистичний аналіз результатів здійснено за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel та Statistica 5.5 (Multiple Regression) із використанням методів варіаційної статистики, кореляції.

Отримані результати свідчать про відсутність як гострої, так і хронічної реактивної запальної інфільтрації, а також як гострої, так і хронічної реакції відторгнення імплантата як чужорідної субстанції у імплантованій ділянці тварини. Створений нами волокнистий матрикс завдяки своїй гігроскопічності та пористості створює своєрідний місток для проростання та розвитку капілярної сітки.

**Summary.** The problem facing tissue engineering is to optimize the selection, reproduction and differentiation of cells, to construct matrices or delivery systems, contributing to the maintenance, coordination of tissue regeneration in three dimensions. One of the important criteria that must be taken into account when constructing a matrix is its ability to maintain a stable hemodynamics inside and around the framework. The purpose of the study is to experimentally evaluate the development of the vascular net after three months of subcutaneous implantation of the biopolymer fibrous matrix.

The research was carried out on 20 lab animals (rabbits), which were divided into two groups. The first group: surgical intervention was performed to 10 animals, which included the creation of the pocket in the subcutaneous adipose tissue and suturing. The second group: the implantation of the biopolymer matrix into the area between the shoulder blades was performed to 10 animals. The month after the matrix with the underlying tissues was removed. It was divided into 25 parts for histological examination. 9 segments were chosen for analysis: the one from centrally located area, four segments from precentral and four ones from peripheral zones.

The histological slides were examined lightoptically with the help of the microscope Leica DME with different magnifications. The morphometric features were analyzed using the system for taking microscopic pictures of histological samples (microscope Leica DME and digital camera Nikon P5100) and by using the program Image-Tool 2.0 for Windows. The research were conducted at the Department of Pathomorphology and Legal Medicine of Ivano-Frankivsk National Medical University.

Statistical analysis was performed with the aid of PC programs Microsoft Excel and Statistica 5.5 (Multiple Regression) using the methods of variation statistic and correlation.

By using a freezing microtome the slides 30-50 nm were made, then were dehydrated in alcohols of different concentrations, soaked in methyl salicylate and fixed in polystyrene. Afterwards, the slides were examined with the microscope MPS-6. The results display the absence of acute or chronic inflammatory infiltration as well as no transplantation rejection. The fiber matrix made by us, creates a peculiar bridge for germination and development of capillary network due to its hygroscopicity and sponginess.

*Ключові слова:* імплантація, стоматологія, біополімер, біоімплантат, судинна сітка.

*Key words:* implantation, dentistry, biopolymer, bioimplant, vascular mesh.

**Постановка проблеми і аналіз останніх досліджень.** На даний час у медицині та біоінженерії з кожним роком зростає інтерес до біополімерів. Матеріали в тканинній інженерії для створення біоімплантатів, повинні володіти спектром спеціальних властивостей і надавати інженерним або мікроінженерним конструкціям характеристик, властивих живим тканинам, а саме: здатність до самовідновлення, здатність змінювати будову і властивості в відповідь на фактори навколишнього середовища[1]. Проблема, що стоїть перед тканинною інженерією, полягає в тому, щоб оптимізувати виділення, розмноження і диференціювання клітин, сконструювати каркаси або системи доставки, сприяючи підтримці, координації регенерації тканин у трьох вимірах [2, 3]. Одним із важливих критеріїв, який повинен враховуватись при конструюванні матриксу – це його здатність підтримувати стабільну гемодинаміку всередині та навколо каркасу. Стабільність гемодинаміки та відповідно життєздатність тканин буде залежати передусім від характеру розвитку капілярної сітки всередині скафолда [4, 5].

**Мета дослідження.** Експериментально оцінити характер розвитку судинної сітки на пізніх етапах субкутанної імплантації біополімерного волокнистого матриксу.

**Матеріали та методи дослідження.** Запропоноване дослідження є фрагментом НДР «Комплексна оцінка та оптимізація методів прогнозування, діагностики та лікування стоматологічних захворювань у населення різних вікових груп» (№ держреєстрації 0114U001788).

Для проведення досліджень було використано розроблений нами волокнистий матрикс із гранул 100% чистого полілактиду. Матрикс розробляли методом фазового розділення полімеру. Товщина волокнистого матриксу в середньому становила 30 мкм. Діаметр волокон становив від 1 мкм до 10 мкм.

Вище вказані матрикси піддавались гамма стерилізації. Герметично запаковані в подвійну упаковку для стерилізації скафолди рівномірно вкладались під електронний пучок з енергією частинок 4 мега електрон вольт (MeV) і протяжністю імпульсів 4,5 мікросекунд (мкс). Кожен пакет «Medicom» стандартизований EN 868-5, ISO 11140-1, ISO 11607-1, в який був запакований полімер товщиною 0,6 мм. При опроміненні кількість імпульсів змінювалась від 4-70. Стерилізація відбувалась за наступними параметрами: частота роботи прискорювача складала 250 Гц, максимальна енергія електронів становила 5 MeV, максимальна потужність пучка становила 5 кВт, тривалість імпульсів 4,5 мкс, імпульсний струм до 1,5 А, потужність гальмуючого випромінювання на відстані 1 м від мішені стано-

вила - 104 Р/сек. Доза опромінення об'єкта становила до 50 кГр з розрахунку об'єму та щільності матеріалу. Згідно норм максимально допустима доза 50 кГр, при максимальній енергії електронів 5 МеВ. Обробка електронами з енергією менше 10 МеВ не викликала ядерних трансмутацій, тобто не призвела до виникнення радіоактивних ізотопів і не створювала залишкового радіаційного фону об'єкту.

Після стерилізації біополімерні матрикси хірургічним шляхом імпантувались під шкіру лабораторної тварини. Дослідження проводилось на 20 лабораторних тваринах (кролі), які були поділені на 2 групи. Першій групі порівняння: 10-ом тваринам проводилось оперативне втручання, яке включало формування «кишені» в підшкірній клітковині та накладання швів. Другій групі: 10-ом тваринам проводилась підшкірна імпантација біополімерного матриксу в ділянку спини між лопатками. Через 3 місяці хірургічним шляхом матрикс разом із прилеглими тканинами видалявся з тіла тварини.

Всі маніпуляції з експериментальними тваринами проводили з дотриманням правил відповідно до «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідних та інших наукових цілей» [6].

Для здійснення загального гістологічного дослідження матрикс з оточуючими тканинами розсікали взаємно перпендикулярними розрізами на 25 однакових сегментів. Для дослідження брали 9 сегментів: один центрально розташований і по 4 сегменти з парацентральної та з периферичної зон. Отримані ділянки імпанту фіксували у 10% розчині нейтрального формаліну (Ph-7,0). Час фіксації

складав 24 години. В подальшому шматочки досліджуваних органів поміщали в висхідну батарею спиртів для дегідратації, далі у хлороформ, суміш хлороформ-парафін (1:1), парафін (при температурі 37°C). Після парафінової препідготовки, шматочки заливали в парафін. Виготовлення серійних парафінових зрізів товщиною 4-6 мкм проводилося на санному мікротомі. Забарвлення препаратів здійснювалося гематоксилином і еозином [7].

Гістологічні препарати досліджувались світлооптично на мікроскопі Leica DME під різними збільшеннями об'єктива й окуляра. Морфометричні показники визначали за допомогою системи для отримання мікроскопічних зображень гістологічних мікропрепаратів (мікроскоп Leica DME та цифрова фотокамера "Nikon P5100") та програми аналізу зображень Image Tool 2.0 for Windows на кафедрі патоморфології та судової медицини Івано-Франківського національного медичного університету. Статистичний аналіз результатів здійснено за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Excel та Statistica 5.5 (Multiple Regression) із використанням методів варіаційної статистики, кореляції.

**Результати дослідження.** При патоморфологічному дослідженні кровоносної системи периферичної ділянки імпантованих волокнистих полімерних матриксів тримісячного терміну у пухкому та компактному шарі сполучнотканинних волокон візуалізуються судини площею перерізу  $3480,68 \pm 3,56 \text{ мкм}^2$ , товщиною стінки  $13,5 \pm 1,22 \text{ мкм}$ . Згідно даних морфометричного дослідження, на 1 переріз судини припадає  $90988,20 \pm 4,67 \text{ мкм}^2$  площі сполучної тканини (Рис.1.).

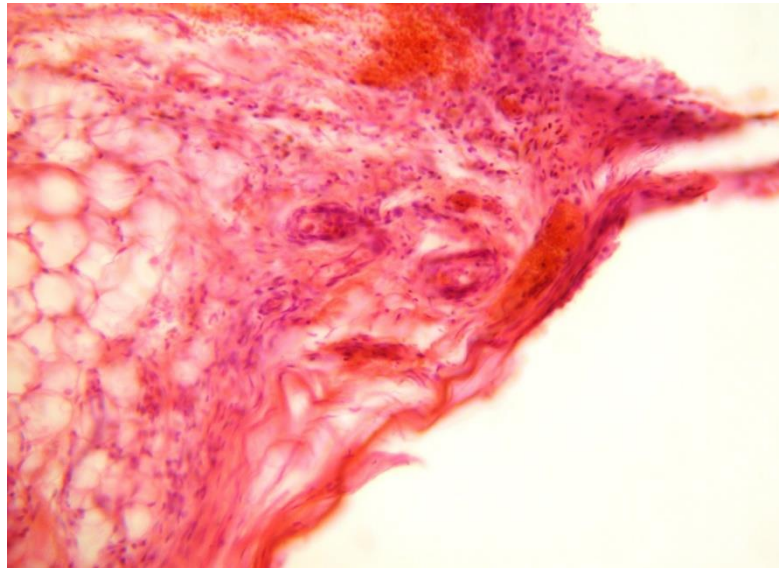


Рис. 1. Судини сполучної тканини периферичної зони. Забарвлення: гематоксилін та еозин.  
Об. 10, ок. 10

Поміж сполучнотканинними волокнами парацентральної зони волокнистого матриксу візуалізуються різного калібру судини середньою площею поперечного перерізу  $4524,9 \pm 2,79 \text{ мкм}^2$ . Здебільшого судини за типом капілярів, артеріол (на один переріз судини припадає  $84875,36 \pm 4,87 \text{ мкм}^2$  площі

сполучної тканини), які мають округлий поперечний переріз, товщину стінки  $7,0 \pm 1,04 \text{ мкм}$ , у просвіті містять невелику кількість еритроцитів, ядра ендотеліоцитів овальної форми, з гомогенним хроматином. Деякі судини за типом дрібних артерій,

вен. В артеріях візуалізуються концентрично розташовані гладкі міоцити у кілька шарів, просвіт судин незначний. У венах дрібного калібру просвіт розширений, заповнений еритроцитами, ядра ендотеліоцитів овальні, витягнуті вздовж периметру судин, базальна мембрана чітка, гомогенна.

У сполучній тканині центральних зон імплантата відзначаються судини різного калібру: капіляри, артеріоли, вени (Рис.2.). Середня площа поперечного перерізу судин становить  $6040,34 \pm 3,19 \text{ мкм}^2$ ,

товщина стінки –  $6,28 \pm 1,26 \text{ мкм}$ . За даними морфометричного дослідження, на один переріз судини припадає  $85014,29 \pm 4,32 \text{ мкм}^2$  сполучної тканини.

У окремих поодиноких ділянках у сполучній та жировій тканинах міжволокнистих просторів імпланту виявляється вогнищева клітинна інфільтрація, яка представлена переважно лімфоцитами, в меншій мірі макрофагами. Місцями дана інфільтрація має периваскулярний характер.

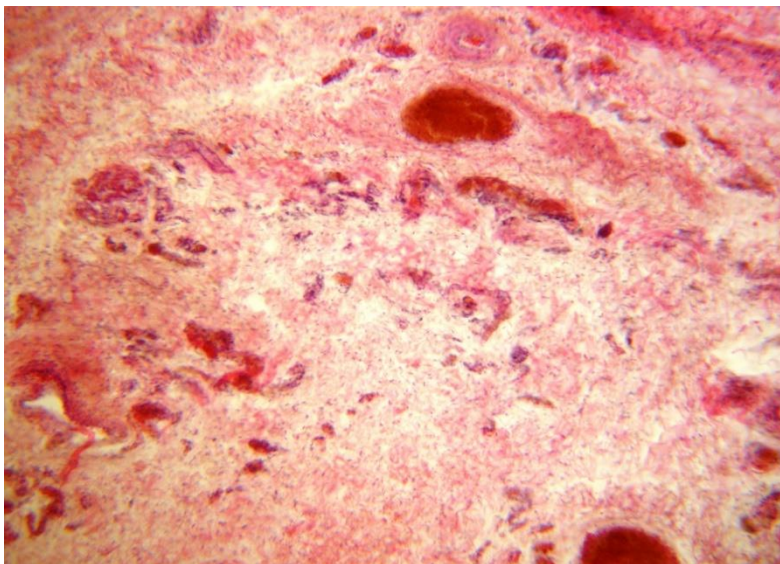


Рис. 2. Судини сполучної тканини центральної зони. Забарвлення: гематоксилін та еозин.

Об. 10, ок. 10

На основі проведених досліджень встановлено, що стан капілярної сітки, яка оточує та пронизує волокна біополімерного матриксу, практично не відрізнявся від тварин контрольної групи. Невелика різниця стосувалась показників площі поперечного перерізу судин. В основній групі дані показники були дещо більшими, ніж у контрольній, що може бути пов'язано з більш посиленням синтезом сполучної тканини та адаптаційними механізмами спрямованими на виведення продуктів гідролізу полімеру. Зменшення показників площі сполучної тканини на один переріз судини від периферії до центру вказує пропорційний з усіх напрямків характер регенерації від периферії до центру.

Аналіз периферичної, парацентральної та центральної зон імплантованого волокнистого матриксу в тварин основної групи показав зростання площі поперечного перерізу судин від периферії до центру, що може свідчити про активне протікання біосинтетичних процесів у центральних відділах волокнистого матриксу, а відсутність ознак руйнування капілярів свідчить про відсутність накопичення продуктів гідролізу матеріалу і його своєчасне виведення із центральної зони.

#### Висновки:

1. Відсутність значної кількості нейтрофілних лейкоцитів, збільшеної кількості макрофагів і лімфоцитів свідчить про відсутність як гострої, так і хронічної реактивної запальної інфільтрації, а також як гострої, так і хронічної реакції відторгнення

імплантат як чужорідної субстанції в імплантованій ділянці тварини.

2. Створений нами волокнистий матрикс завдяки своїй гігроскопічності та пористості створює своєрідний місток для проростання та розвитку капілярної сітки.

#### References.

1. Olesova VN, Dovbnev VA, Evstratov OV, Zveryaev AG, Zuev MD, Lesnyak AV [i dr.]. Preimuschestva vremennyh nesyemnyh freezerovannyh i polimerizovannyh plastmassovyh protezov na implantatah. Klinichiskie issledovaniya. 2013;1:25-26. [in Russian].

2. Andryushechkina TN, Berchenko GN, Gioeva YUA, Zoryan EV, Atrushkevich VG. Vliyanie kompleksnyh antigomotoksicheskikh preparatov na tkani parodonta v aktivnom periode ortodonticheskogo lecheniya: eksperimentalno-morfologicheskoe i klinicheskoe issledovanie. Klinicheskaya stomatologiya. 2015; 4: 42-49. [in Russian].

3. Balin VN, Balin DV, Iordanishvili AK, Muzyikin MI. Osteostimuliruyushee deystvie ksenogenogo kostnogo materiala na reparativnyy osteogenez (eksperimentalno-morfologicheskoe issledovanie). Stomatologiya. 2015; 94(2): 5-9 [in Russian].

4. Hayashi CH, Gudino CV, Gibson FC 3rd, Genco CA. Review: Pathogen-induced inflammation at sites distant from oral infection: bacterial persistence



and induction of cells specific innate immune inflammatory pathways. *Mol. Oral. Microbiol.* 2010; 5(25): 305-316. doi: 10.1111/j.2041-1014.2010.00582.x.

5. Deev RV, Isaev AA, Kochish AYU, Tihilov RM. Kletochnyie tehnologii v travmatologii i ortopedii: puti razvitiya. *Kletochnaya transplantologiya i tkanevaya injeneriya.* 2016; 3(6): 22-33 [in Russian].

6. Poriadok provedennia naukovymy ustanovamy doslidiv, eksperymentiv na tvarynakh. *Ofitsiyni visnyk Ukrainy. Ofits. vyd.* 2012; 24:82 [in Ukrainian].

7. Bahrii MM, Dibrova VA, Popadynets OH, Hryshchuk MI. *Metodyky morfolohichnykh doslidzhen: monohrafiia.* Vinnytsia: Nova knyha. 2016. 328 p. [in Ukrainian].

*Свинтицкая Анастасия Викторовна,  
Захарова Арина,  
Юровских Ксения Сергеевна*

*студенты педиатрического факультета ФГБОУ ВО ТюмГМУ МЗ РФ (г. Тюмень)*

*Научный руководитель: Винокурова Е.А.*

*профессор кафедры акушерства и гинекологии ФГБОУ ВО ТюмГМУ МЗ РФ*

## ОПЕРАЦИИ НА ПРИДАТКАХ МАТКИ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКИМ ДОСТУПОМ: ВЛИЯНИЕ НА ГЕМОКОАГУЛЯЦИЮ

На протяжении последних десятилетий количество выполняемых лапароскопических операций в гинекологической практике неуклонно возрастает, что связано с минимальной операционной травмой, благоприятным течением послеоперационного периода, сокращением сроков стационарного лечения и временной нетрудоспособности пациенток, более полным восстановлением функции репродуктивной системы.

В связи с этим все большее значение приобретает вопрос о частоте и характере осложнений после лапароскопических операций. По данным ряда авторов (Крапивин Б.Г. и соавт., 2001, Краснопольский В.И. и соавт. 2010, Коновалов В.И. и соавт., 2018, Reza M. et al., 2010) общее количество осложнений при хирургической лапароскопии может превышать частоту осложнений после традиционных вмешательств и составляет 15-29,6%. Летальность после операций в гинекологической практике достигает 0,13% (Крапивин Б.Г. и соавт., 2001, Обоскалова Т.А., 2016, Радзинский В.Е., 2014, Савельевой Г.М. и соавт., 2017). Одной из ведущих причин летальных исходов являются тромбоэмболические осложнения, которые регистрируются в 0,2-0,4% (Полякова В.А. и соавт., 2008, Коваленко А.Н. и соавт., 2018). Активация тромбогенеза и признаки хронического ДВС-синдрома имеют место у 20,6% больных (Бышевский А.Ш. и соавт., 2008, Винокурова Е.А. и соавт., 2007).

Таким образом, истинная частота и механизмы развития тромбоэмболических осложнений после лапароскопических операций до конца не ясны. Предполагается что, повышение внутрибрюшного давления при лапароскопии приводит к нарушению сердечной деятельности, снижению артериального кровотока в органах брюшной полости, компрессии нижней полой вены и ограничению возврата крови из нижних конечностей, расширению венозных сосудов, что в своей совокупности повышает риск тромбообразования (Иванов Е.В., 2001). Положение Тренделенбурга еще более усугубляет ситуацию, влияя на перераспределение объемов крови с учетом гравитационных взаимодействий и снижает скорость венозного

оттока от верхних отделов туловища, что также может стать одной из причин тромбоэмболических осложнений (Озолиня Л.А., 2000).

Несмотря на серьезные предпосылки для развития тромботических осложнений, как в нашей стране, так и за рубежом нет специальных работ, посвященных ведению больных после лапароскопических операций, как нет и единого подхода к профилактике тромбоэмболических осложнений (Полякова В.А. и соавт., 2009).

Для предотвращения послеоперационного венозного тромбоза предложены различные физические (механические) и фармакологические средства. К первой группе относят способы ускорения венозного кровотока- ранняя активизация пациентов в послеоперационном периоде, эластическая компрессия нижних конечностей. Все большее внимание уделяется обеспечению адекватной гидратации, использованию нормоволемической гемодилюции, применению максимально щадящей техники оперативного вмешательства, лечению дыхательной и циркуляторной недостаточности (Стебунов С.С. и соавт., 2000; Ikeda M. et al., 2000).

Отсутствует единое мнение о применении тех или иных фармакологических препаратов для профилактики тромбемморрагических осложнений. Большинство авторов (Озолиня Л.А., 2000) используют для этих целей прямые антикоагулянты, такие как гепарин, низкомолекулярные гепарины, отдавая предпочтение последним. Другие применяют дезагреганты: курантил, трентал (Крапивин Б.В., и соавт., 2002). Все большее внимание заслуживает использование с профилактической целью комбинации витаминов-антиоксидантов А, С, Е, Р, РР, которые способны ограничивать активацию тромбообразования через подавление свободнорадикальных процессов (Бышевский А.Ш. и соавт., 2012, Чернова А.Л., 2006). Находят применение и другие препараты, такие как бемитил, пирасетам, обладающие антигипоксическими и стрессопротекторными свойствами (Стебунов С.С. и соавт., 2000, Болдырева Ю.В., 2017). В последние годы изучается применение гепариноидов, к которым относят сульфатированные полисахариды, регулирующие

проницаемость стенок капилляров, однако их профилактическая активность еще недостаточно доказана (Полякова В.А. и соавт., 2008, Бышевский А.Ш. и соавт., 2012).

Наше внимание привлекли данные, указывающие на связь гипертромбинемии (непосредственной причины ДВС независимо от инициатора) с гипероксидацией, на роль активации перекисного окисления липидов в образовании тромбина, на наличие обратной связи между тромбиногенезом и свободнорадикальными процессами.

В работах, опирающихся на упомянутые данные, показано, что антиоксиданты, ограничивая гипероксидацию через торможение свободнорадикальных процессов, позитивно влияют на исходы ДВС крови. Это подтверждено в практике: комплекс витаминов-антиоксидантов, каждый из которых порознь не влияет в условиях физиологической нормы на свертываемость крови, вызывающих гипертромбинемии. Данные об эффективности антиоксидантов в профилактике гемокоагуляционных сдвигов, связанных с гипертромбинемией, представления о связи тромбгеморрагических осложнений при оперативном вмешательстве с нарушениями коагуляционного гемостаза, провоцируемого тромбинемией, отсутствие противопоказаний к применению витаминов-антиоксидантов, их доступность и возможность амбулаторного назначения послужили основанием к изучению воздействия «Селмевита» на гемокоагуляцию у оперируемых больных лапароскопическим доступом как средства ограничения частоты тромбгеморрагических осложнений.

Цель работы - изучить состояние коагуляционного гемостаза у женщин до и после гинекологических лапароскопических операций на придатках матки, а также оценить целесообразность назначения после проведения данных операций комплекса витаминов – антиоксидантов «Селмевит».

Материалы и методы исследования: 129 женщин. В их числе 22 здоровых донора во второй фазе менструального цикла, средний возраст  $26 \pm 3,5$  лет, и 107 женщин перенесших лапароскопические оперативные вмешательства на придатках матки. Женщины объединены для наблюдений в следующие группы. 1-я группа состояла из 72 пациенток, подвергшихся лапароскопическому оперативному вмешательству на придатках матки и получали традиционное лечение послеоперационного периода; 2-я (35 женщин), наряду с общепринятым лечением назначался препарат «Селмевит». Наблюдения и исследования проводили в акушерско-гинекологической клинике Тюменской медицинской академии на базе гинекологических отделений городской клинической больницы № 3, и родильного дома №3 г. Тюмени.

У всех женщин проводили контроль за основными показателями состояния коагуляционного гемостаза до операции, и далее в динамике на 1, 3-4, 5-7 сутки после оперативного лечения. «Селмевит» назначали по 1 таблетке в день на 14-21 день до и после операции.

Методы исследования коагуляционного гемостаза: 1. Активированное время рекальцификации /АВР/. 2. Активированное частичное тромбопластиновое время /АЧТВ/. 3. Протромбиновое время /ПТВ/, протромбиновое отношение /ПО/, международное нормализованное отношение /МНО/. 4. Концентрация фибриногена /ФГ/. 5. Растворимые фибрин-мономерные комплексы /РФМК/. 6. Активность антитромбина III /АТ-III/. 7. Индекс резерва плазминогена /ИРП/.

Анализ социально-демографических показателей, структуры соматических и гинекологических нозологических форм, представленный в табл. 1, показал, что в выделенных группах оперированные больные достоверно не различались по возрасту и клинико-anamnestическим данным.

Все женщины оперированы в плановом порядке. Показаниями к операции явились доброкачественные кисты и кистомы яичников (1 гр. – 34,1%, 2 гр. -34,3%), бесплодие (59,6% и 43,7%), эндометриоз придатков матки (31,9% и 34,5%), добровольная хирургическая стерилизация (6,7% и 3,1%). Объем и характер оперативного вмешательства, представленные в табл.2, свидетельствуют о более частом воздействии на яичники (электрокоагуляция, резекция и декортикация), что позволяет считать группы оперированных больных однородными. Послеоперационный период в 1 группе осложнился тромбоэмболией мелких ветвей легочной артерии в первые сутки после операции, во второй группе послеоперационные осложнения не были зарегистрированы.

Основными нозологическими формами, верифицированными морфологически, явились: доброкачественные кисты яичников (ретенционные, дермоидные, муцинозные и серозные цистаденомы), поликистоз яичников (фиброз отека ткани).

Достоверных отличий в параметрах состояния гемокоагуляции у женщин доноров во II фазу менструального цикла и у женщин перед гинекологической операцией лапароскопическим доступом выявлено не было, что свидетельствует об отсутствии влияния выше перечисленных гинекологических заболеваний на гемокоагуляцию.

После лапароскопической операции уже в 1-е сутки повышение показателей ПО и МНО (на 37,5%), увеличение количества РКФМ (на 46,9%), незначительное снижение АТ-III и ИРП (на 16,5% и 29% соответственно), по сравнению с показателями до лапароскопии. На 3-4 сутки после лапароскопической операции на придатках матки показатели ПО и МНО остаются повышенными (на 31,3% и 37,5%), не снижается и РКФМ (от 137,5%). Только на 5-7 сутки после операции возвратились к исходным данным показали АВР, АЧТВ, ТВ, ФГ. Значения АТ-III и ИРП стабильно сохранялись сниженными в течение всего послеоперационного периода. Показатели ПО, МНО и РФМК также не достигли исходного значения, по сравнению с показателями до операции.

При назначении витаминно-минерального комплекса «Селмевит» пациенткам до и после лапароскопической операции в 1-е сутки повышение показателей: ТВ (на 42%), незначительно ПО и МНО (16,7% и 25%), РКФМ (на 19%), незначительное снижение АТ-III и ИРП (на 17,8% и 17% соответственно), по сравнению с показателями до лапароскопии. На 3-4 сутки после лапароскопической операции на придатках матки показатели ТВ и РКФМ снижаются, оставаясь увеличенными (на 8%), ПО и МНО достигают исходного уровня до операции, увеличиваются АТ-III и ИРП, на 7-е сутки после операции достигая исходного уровня до операции.

Таким образом, у женщин, подвергшихся оперативному вмешательству лапароскопическим доступом, гемокоагуляционные сдвиги отражают ускорение внутрисосудистого свертывания крови. После оперативного вмешательства развивается ДВС-крови, признаки которого не исчезают к 5-7 суткам после операции.

Применение селмевита в качестве неспецифической профилактики тромбогеморрагических осложнений до и после лапароскопических операций на придатках матки позволяет нивелировать ДВС-крови уже на 3-4 сутки после операции.

#### Выводы.

1. Лапароскопические операции на придатках матки травматичны для организма женщины, опасны развитием тромбогеморрагических осложнений.
2. Назначение комплекса витаминов - антиоксидантов «Селмевит» корригирует гемокоагуляционные сдвиги при эндоскопических оперативных вмешательствах на придатках матки.

#### Литература.

1. Бышевский А.Ш., Винокурова Е.А., Галян С.Л., Дементьева И.А., Забара Е.В., Зверева И.В., Карпова И.А., Полякова В.А., Ральченко И.В., Рудзевич А.Ю., Сулкарнаева Г.А., Шаповалов П.Я., Шаповалова Е.М., Шевлюкова Т.П. Витамины, липидпероксидация и гемостаз // *Фундаментальные исследования*. 2008. № 3. С. 80-81.
2. Бышевский А.Ш., Карпова И.А., Хвоцина Т.Н., Сигильева Т.С., Платинин В.А., Журавлева Т.Д., Чернова А.М., Тарасов Д.Б., Болдырева Ю.В. Гемостаз и липидпероксидация при некоторых операциях на матке // *Медицинская наука и образование Урала*. 2012. Т. 13. № 3-2 (71). С. 111-122.
3. Болдырева Ю.В. Современная профилактическая медицина и регуляторные пептиды // *Университетская медицина Урала*. 2017. Т. 3. № 1 (8). С. 8-10.
4. Винокурова Е.А., Горохов А.П., Лазарев И.П. Влияние вида оперативного доступа на состояние гемостаза у женщин после гистерэктомии // *Медицинская наука и образование Урала*. 2007. Т. 8. № 4 (48). С. 15-18.
5. Винокурова Е.А., Баранов В.Н., Полякова В.А., Кукарская И.И., Карабинская Е.В., Карымова Р.Р. Клиническое значение применения лазерной пунктуры при психоэмоциональных расстройствах

у больных с хроническим воспалительным процессом матки и ее придатков // *Вопросы гинекологии, акушерства и перинатологии*. 2018. Т.17. №1. С. 78-83

6. Гинекология: национальное руководство / Коллектив авторов. Под ред.: Савельевой Г.М., Сухих Г.Т., Серова В.Н., Радзинского В.Е., Манухина И.Б. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. - 1008 с.

7. Иванов Е.В. Профилактика и лечение венозных тромбозов в акушерско-гинекологической практике // *Научный вестник Тюменской медицинской академии*, 2001, № 1. - с.130-134.

8. Клинические рекомендации. Акушерство и гинекология. - 4-е изд. перераб. и доп. / Под ред. В.Н. Серова, Г.Т. Сухих. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 1024с.

9. Крапивин Б.В., Давыдов А.А., Лотохова А.В. и соавт. К вопросу о тромбоземболических осложнениях при лапароскопических операциях. // *Эндоскоп. хир.*, 2002, № 2. - с. 49.

10. Коваленко А.Н., Маркин И.А., Винокурова Е.А. Опыт применения гиалуроновой кислоты в профилактике спаечного процесса // В сборнике: *Вопросы науки и практики - 2018: 1 сессия Сборник статей III Международной научной конференции*. Под редакцией Н.И. Стоянова, 2018. - С. 234-237.

11. Коновалов В.И., Обоскалова Т.А., Прохоров В.Н., Рябинина О.В. Медицина, закон и право // *Вестник Уральского государственного медицинского университета*. - Екатеринбург, 2016. № 1-2. - С. 22-26.

12. Краснопольский В.И., Буянова С.Н., Щукина Н.А., Попов А.А. Оперативная гинекология. - М.: МЕДпресс - информ. - 2010. - 319с.

13. Обоскалова Т.А., Раевская О.А., Лищук О.В. Фугурология в репродуктивной инфектологии // *StatusPraesens. Гинекология, акушерство, бесплодный брак*, 2018. № 4 (49). - С. 99-105.

14. Озолина Л.А. Эффективность применения клексана для профилактики венозных тромбозов в оперативной гинекологии // *Акушерство и гинекология*. - М., 2000, № 6. - с. 43-46.

15. Полякова В.А., Бышевский А.Ш., Винокурова Е.А., Чернова А.Л., Баклаева Н.Б., Карпова И.А., Рудзевич А.Ю., Недоризанюк М.А. Опыт патогенетической коррекции нарушений гемостаза при лапароскопических гинекологических операциях // *Акушерство и гинекология*. - М., - 2008. № 4. - С.39-45

16. Полякова В.А., Винокурова Е.А., Суплютов С.Н., Журавлева Т.Д., Карпова И.А., Яскевич Н.Н., Малхазова М.Т., Кармацких Т.Н. Оценка активности процессов пероксидации липидов и антиоксидантной защиты в крови при гинекологических лапароскопических операциях // *Клиническая и лабораторная диагностика*. - М.: издательство Медиа Сфера, 2009. - № 6. - С. 37-39.

17. Руководство по амбулаторно-поликлинической помощи в акушерстве и гинекологии / под ред. В.Е. Радзинского. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 944 с.



18. Стебунов С.С., Гришин И.Н., Лызинов А.Н. и соавт. Предоперационная подготовка к лапароскопическим операциям с использованием антиагрегантов. // Эндоскоп. хир., 2000, № 5. – с. 26- 237.

19. Чернова А.Л., Винокурова Е.А., Баклаева Н.Б. Состояние гемостаза и перекисного окисления липидов при лапароскопических операциях на придатках матки. Тромбоз, гемостаз и реология. 2006. № 3 (27). С. 44-51.

20. Ikeda M., Iwamoto S., Kawasaki T. et al. Surgical stress and platelet function // In: Abstr. of Satellite Symp. of XVth Intern. Congress on Fibrinolysis and Proteolysis. Japan, Hamamatsu, 2000, June 23-26. – P.85.32.

21. Reza M., Maeso S., Blaco J.A., Andradas E. Meta-analysis of observational studies on the safety and effectiveness of robotic gynaecological surgery // Brit.J.Surg. 2010. - Vol. 97. - P. 1772-1783.

**Kolesnyk Mykhaylo**

*MD, PhD, DSci, Professor of Department of Family Medicine, Therapy, Cardiology and Neurology, Faculty of Postgraduate Education, Zaporizhzhia State Medical University*

**Sokolova Maryna**

*MD, Post-Graduate Student of Department of Family Medicine, Therapy, Cardiology and Neurology, Faculty of Postgraduate Education, Zaporizhzhia State Medical University*

## LEFT ATRIAL MECHANICS IN POSTMENOPAUSAL HYPERTENSIVE WOMEN WITH LEFT VENTRICLE DIASTOLIC DYSFUNCTION

**Abstract.** Background and Objectives: Evaluation of diastolic function (DF) of left ventricle (LV) provides an important prognostic information in many cardiovascular diseases. The existing algorithms for its diagnosis do not always permit to identify its deterioration. The aim of our study was to assess the longitudinal strain of the left atrium (LA) in postmenopausal women with arterial hypertension (AH) and different variants of DF; Materials and Methods: The study involved 100 postmenopausal hypertensive women (mean age –  $57.8 \pm 4.3$  years). All patients underwent general clinical examination, standard transthoracic and speckle tracking echocardiography. Diagnostics of diastolic dysfunction (DD) of the LV was performed in accordance with the 2009 year recommendations of the American and European society of echocardiography. All patients were divided into three groups depending on the state of DF LV: the 1<sup>st</sup> group included 31 women with normal DF LV, the 2<sup>nd</sup> group consisted of 38 patients with indetermined result, and 31 individuals of the 3<sup>rd</sup> group had LV DD. Results: Women with DD LV had higher values of LAVI and LV mass index. Abnormal values of  $e'_{sept}$ ,  $e'_{lat}$  and  $E/e'$  were found in patients with indetermined DF and with DD. Impairment of the reservoir phase of LA function was associated with the presence of DD LV. Subjects with any LV DF except normal had lower values of LA deformation ( $p < 0,05$ ). Reduction of LA GLS in women with AH and abnormal DF LV was detected only with the use of R-synchronization of ECG.  $E/e'_{GLS}$  LA was increased as far as breaking DF LV with its maximum value in women with DD LV. Conclusion: Left atrial strain can be used to assess left ventricular diastolic function and differentiate its normal state and varying degrees of diastolic dysfunction in postmenopausal women with AH.

**Keywords:** diastolic dysfunction, arterial hypertension, postmenopausal women, speckle tracking echocardiography, left atrium strain

### 1. Introduction

Cardiovascular diseases are the leading cause of morbidity and mortality in industrialised societies [1]. So, there is an urgent need for early detection of structural and functional heart abnormalities before coronary events or heart failure (HF) development. Arterial hypertension (AH) is the most common risk factor for HF in general population. HF is more prevalent in women than in men in all age groups [2].

Diastolic dysfunction (DD) of the left ventricle (LV) is one of the cornerstone mechanisms of HF symptoms manifestation [3]. A large amount of postmenopausal women showed that AH causes primarily HF with preserved ejection fraction (HFpEF) [4]. Detection of LV DD is especially important in patients with preserved ejection fraction, as it allows to establish the mechanism of chronic heart failure. Echocardiography is the main non-invasive method for evaluat-

ing of LV diastolic function. Cooperative recommendations of the American and European Society of Echocardiography for the evaluation of LV diastolic function suggest an algorithm for both identifying and assessing the severity LV DD [5]. However, in many patients (according to some data up to 48%) it is not possible to diagnose and classify LV DD using this guidelines [6].

Considering that the principal role of the left atrium (LA) is to modulate left ventricular filling, it was proposed to determine the longitudinal deformation of the LA by speckle tracking echocardiography [7]. There is limited data describing the changes in LA strain in patient with different degrees of LV DD [8]. So, LA strain measurement may be reliable and simple noninvasive tool to provide additional information about DF state in patients with inconclusive results by standard algorithm.

The purpose of our study was to assess the longitudinal deformation (strain) of the left atrium in postmenopausal women with arterial hypertension and different variants of diastolic function.

## 2. Materials and methods

The study involved 100 postmenopausal hypertensive women (mean age –  $57.8 \pm 4.3$  years), admitted to the cardiological department of University Clinic of Zaporizhzhia State Medical University. Diagnosis of AH was established in accordance with the recommendations of the Ukrainian Association of Cardiologists and the European Society of Cardiology for the management of arterial hypertension [9; 10]. All patients underwent ambulatory blood pressure monitoring using the ABPM-04 device (Meditech, Hungary). Postmenopausal period was defined as at least 12 months of amenorrhea and serum FSH above 30 mIU / ml [11]. The exclusion criteria were secondary hypertension, diabetes, history of coronary artery disease, manifestation of heart failure, moderate or severe valvular disease, atrial fibrillation, conduction disorders, oncological diseases, chronic diseases of the lungs, the use of hormone replacement therapy as well. All patients gave informed written consent for inclusion before they participated in the study. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, the design of the study was agreed with the local ethics committee.

After clinical examination all patients underwent a standard transthoracic and speckle tracking echocardiography using Vivid E9 XDClear (General Electric, USA) ultrasound system. Left ventricular end-diastolic (LV-EDD) and end-systolic diameters (LV-ESD), LA maximum anterior-posterior (A-P) diameter, thickness of the interventricular septum (IVS) and thickness of the LV posterior wall (LVPW) were measured from the internal dimensions obtained from parasternal long axis view in B-mode. LV mass was calculated by the American Society of Echocardiography formula and then indexed to body surface area (BSA). LV mass in grams was calculated from B-mode echocardiograms according to the formula [12]:

$$\text{LV mass} = 0.8 \times (1.04 \times \{ \text{LV-EDD} + \text{LVPW} + \text{IVS} \}^3 - \{ \text{LV-EDD} \}^3) + 0.6;$$

LV hypertrophy was defined as a LV mass index more than 95 g/m<sup>2</sup>.

Relative wall thickness (RWT) was calculated according to the formula:

$$\text{RWT} = (2 * \text{LVPW}) / \text{LV-EDD}.$$

LV ejection fraction was measured using the modified biplane Simpson's rule. LA area and volume were measured using the biplane method of disks (modified Simpson's rule), in the apical 4- and 2-chamber view on the frame before mitral valves opening. LA volume was indexed to BSA. LAVI was used to estimate LA dilation with cut-off value 34 ml/m<sup>2</sup> [13].

Pulsed spectral Doppler echocardiography was performed using a 5-mm sample volume placed at the tips of the mitral leaflets as parallel as possible to inflow. Tissue Doppler measurements were sampled at the level of the mitral annulus over the septal (e' sept) and lateral (e' lat) wall. The ratio of the transmitral Doppler E wave velocity and the composite mean of e' were then used to calculate the E/e' ratio. All parameters were measured three times and then averaged.

Diagnostics of diastolic dysfunction of the LV and its gradation in all patients was performed in accordance with the 2009 year recommendations of the American and European society of echocardiography. [14]. The LV diastolic function was considered normal when e' sept  $\geq 8$  cm/s, e' lat  $\geq 10$  cm/s and LAVI  $< 34$  ml/m<sup>2</sup>. If two of these three parameters were violated, an indetermined result of LV DF was diagnosed. LV DD was registered in those patients who had the following parameters: e' sept  $< 8$  cm/s, e' lat  $< 10$  cm/s and LAVI  $\geq 34$  ml/m<sup>2</sup>.

*Speckle tracking echocardiography.* Apical four- and two-chamber views images were obtained during breath hold with ECG synchronization. One of three standard leads (I, II or III) was chosen to get stable ECG trace with clear P- and R-wave. Particular attention was given to obtain non-foreshortened LA view with clear delineation of myocardial tissue. The frame rate was set between 60 and 80 per second. The three cardiac cycles were recorded and averaged. All images and cine-loops were stored for off-line analysis on Echopac (version 113) using software package 2D Strain. First, the atrial endocardial border was traced by a point-and-click method. Then, LA wall was divided into six segments in every view by automatic creation of a region of interest (ROI). After manual adjustment of ROI width and shape the tracking quality for each segment was automatically analysed. Segments with inadequately tracking were removed from further analysis. Finally, the software generates strain curves for each atrial segment. Strain was defined as the percentage change in object's dimension in comparison to its initial dimension.

The analysis was performed using two variants of ECG-triggering:

1) Onset of P wave as reference point (Fig. 1) The strain curve has biphasic view with first negative part reflecting LA contraction (LA LS<sub>cont</sub>) and second positive part which mirrors conduit function (LA LS<sub>cond</sub>). The sum of these peaks equals reservoir (total) strain (LA LS<sub>tot</sub>). LA LS<sub>cont</sub>, LA LS<sub>cond</sub> and their summation LS<sub>tot</sub> values were obtained by averaging individual values from 12 LA segments. Global longitudinal strain (GLS) LA was calculated by averaging values observed in all LA segments, and by separately averaging values measured in 4- and 2-chamber views (4- and 2-chamber average GLS)

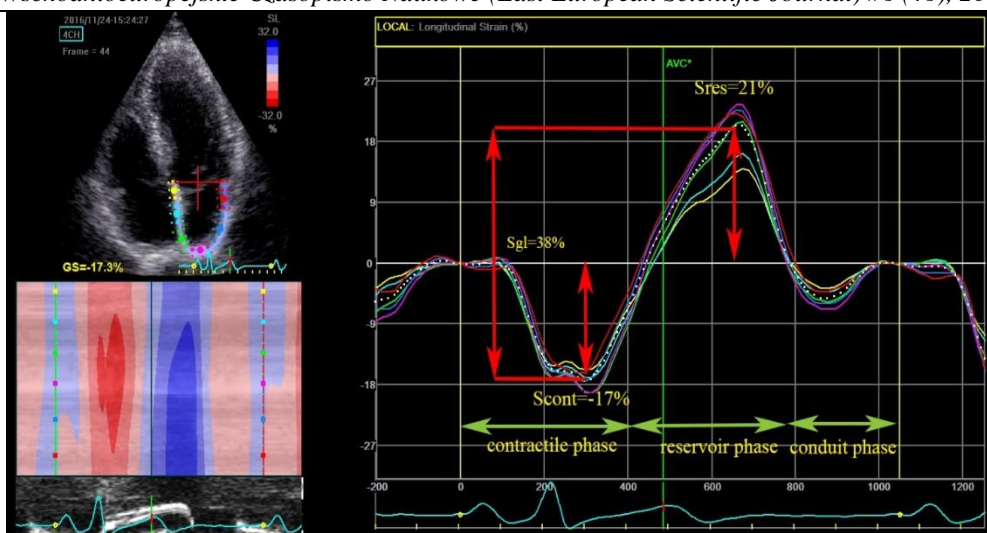


Fig. 1. The normal graph of LA longitudinal deformation by P-wave triggering method of analysis. *Scont* – strain in the contractile phase; *Sres* – strain in the reservoir phase; *Sgl* – global strain.

2) R-wave as initial point of analysis (Fig. 1) All strain values are positive, and there are two peaks that correspond to reservoir function (first peak between R wave and T wave) and atrial contractile function (starting on the P wave). We measured the first peak only which equals GLS LA.

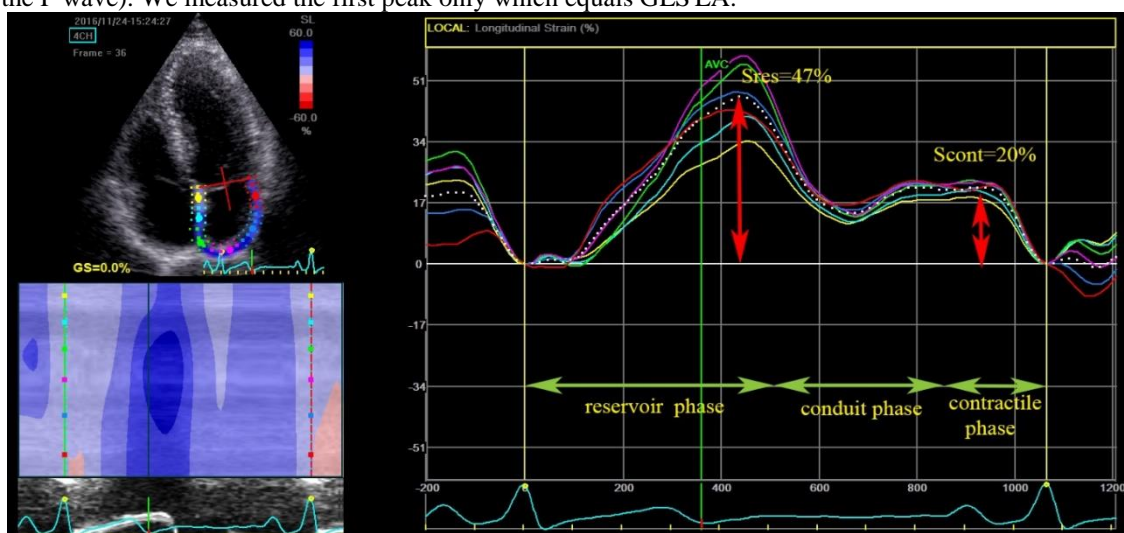


Fig. 2. The normal graph of LA longitudinal strain by R-wave triggering method of analysis.

Analysis of the reproducibility of myocardial strain was performed in our previous study [15].

To achieve the purpose of the study, all postmenopausal women with AH were divided into three groups depending on the state of LV diastolic function: the 1<sup>st</sup> group included 31 women with normal LV DF, the 2<sup>nd</sup> group consist of 38 patients with indetermined result, and 31 individuals of the 3<sup>rd</sup> group had LV DD. Among patients of last group 2 women had LV DD of the 1<sup>st</sup> grade, 22 one`s with 2<sup>nd</sup> grade LV DD and 7 patients had LV DD of 3<sup>rd</sup> grade.

*Statistics.* The distribution of variables was tested by Shapiro–Wilk test. Continuous variables were presented as “mean ± standard deviation” or as “median and interquartile range” when data was non-parametric. Categorical variables were presented as absolute values and percentages. Differences between two independent

groups were evaluated using Mann-Whitney test. Kruskal-Wallis analysis was performed to compare three independent groups and differences between pairs of groups were assessed by post hoc Mann-Whitney criterion. A P value < 0.05 was considered statistically significant. All statistical analyses were performed using Statistica 13.0 (StatSoftInk., №JPZ8041382130ARCN10-J, USA).

### 3. Results

The clinical characteristics and standard echocardiography data of the patients are presented in Table 1. Study participants were comparable for the duration of AH and menopause. Women with DD LV were older than the patients of the other two groups. No differences between groups in diastolic or systolic blood pressure were found. The 24 hour blood pressure monitoring was performed under the similar antihypertensive treatment.

Table 1.

## Clinical characteristics and standard echocardiography data of the patients.

| Parameter                          | Patients with AH and normal LV DF (N=31) | Patients with AH and indetermined LV DF (N=38) | Patients with AH and LV DD (N=31) | p        |
|------------------------------------|--|--|-----------------------------------|----------|
| Age, years                         | 56 (53;60)                               | 56 (55;60)                                     | 60 (57;62)*%                      | p =,0034 |
| AH duration, years                 | 8 (4; 18)                                | 7,5 (5;10)                                     | 11 (7;19)%                        | p =,05   |
| Menopause duration, years          | 8 (5; 11)                                | 7,5 (3;14)                                     | 9 (7;13)                          | p =,4923 |
| 24-hour SBP, mm Hg                 | 127 (117; 138)                           | 132 (121; 142)                                 | 130 (118;146)                     | p =,2177 |
| 24-hour DBP, mm Hg                 | 73,5 (69;80)                             | 76 (72;85)                                     | 76 (68;82)                        | p =,3175 |
| LV-EDD, cm                         | 4,23 (4,13;4,59)                         | 4,3 (4,13;4,55)                                | 4,52 (4,1;4,76)                   | p =,5805 |
| LV-ESD, cm                         | 2,7 (2,38;2,94)                          | 2,69 (2,5;2,96)                                | 2,77 (2,56;2,95)                  | p =,6116 |
| IVS, cm                            | 1,14 (0,94;1,2)                          | 1,17 (1,01;1,26)*                              | 1,21 (1,08;1,32)*                 | p =,0159 |
| LVPW, cm                           | 0,96 (0,85;1,07)                         | 1,04 (0,94;1,07)*                              | 1,08 (0,94;1,16)*                 | p =,0092 |
| LV mass index, g/m <sup>2</sup>    | 81 (74;92)                               | 89,5 (79;100)*                                 | 99 (87;113)*%                     | p =,0006 |
| EF LV, %                           | 66 (61;70)                               | 66,5 (62;71)                                   | 66 (62;72)                        | p =,7869 |
| LA volume index, ml/m <sup>2</sup> | 32,94 (28,8;38)                          | 31,4 (26,4;33,3)                               | 37,2 (35,1; 40,3)*%               | p<0,0001 |
| e' sept, m/s                       | 8,6 (8;9,1)                              | 6,3 (5,7;7,0)*                                 | 6,7 (5,88;7,43)*                  | p<0,0001 |
| e' lat, m/s                        | 11 (10,1;11,7)                           | 7,75 (6,6;9,8)*                                | 7,7 (6,6; 8,8)*                   | p<0,0001 |
| E/e'                               | 8,07 (7,36;9,6)                          | 9,91 (8,44;11,6)*                              | 11 (9,92; 13,03)*%                | p<0,0001 |

\* significant differences in comparison with patients with AH and normal LV DF

№ significant differences in comparison with patients with AH and indetermined LV DF

In the present study, thickness of IVS and LVPW were significantly higher among the women of the 3<sup>rd</sup> group than amongst patients with normal and even indetermined DF LV. Women with DD LV had also higher values of LAVI and LV mass index, but there were not any significant difference in either end-systolic nor end-diastolic LV diameters.

Our study showed worse values of e' sept, e' lat and E/e' in patients with indetermined DF and with DD LV compared to women without violation of DF LV. But only E/e' made it possible to identify the differences between participants of the 2<sup>nd</sup> and the 3<sup>rd</sup> groups.

Evaluation of LA strain in postmenopausal women with AH (Table 2) demonstrated impairment of the reservoir phases of LA function associated with the

presence of LV DD. Subjects with any LV DF except normal had lower values of LA deformation, when compared with normal subjects (p<0,05). The values of longitudinal strain of LA in the reservoir phase were lower as for each position separately (2- and 4- chambers), and for two positions in general. Of interest, absolute LA strain meaning in patients with indetermined DF LV was more lower than in DD LV group, though not statistically significant (p>0,05). In the same time, there were not found any significant differences in the contraction phase LA function between groups. Preserving the contractile function of LA in patients with AH may indicate an increase in the involvement of LA in diastolic filling.

Table 2

## LA strain in postmenopausal patients with arterial hypertension and different states of DF LV.

| Parameter                                       | Patients with AH and normal LV DF (N=31) | Patients with AH and indetermined LV DF (N=38) | Patients with AH and LV DD (N=31) | p        |
|---|--|--|-----------------------------------|----------|
| P- triggering                                   |  |  |                                   |          |
| LS LA in reservoir phase (2- chamber view), %   | 16,43913,66; 20,26)                      | 11,16(8,39; 15,54)*                            | 12,38(8,98; 14,2)*                | p =,0004 |
| LS LA in reservoir phase (4- chamber view), %   | 16,01 (14,18; 20,08)                     | 11,72 (8,68; 14,95)*                           | 12,2 (10,44; 19,84)*              | p =,0003 |
| LS LA in reservoir phase (по 2М позиціям), %    | 16,08 (13,68; 18,8)                      | 11,95 (8,68; 14,65)*                           | 12,53 (10; 16,19)*                | p =,0001 |
| LS LA in contraction phase (2- chamber view), % | -14,06 (-19,2; -11,47)                   | -16,41 (-18,32; -14,24)                        | -14,84 (-17,55; -12,49)           | p =,1230 |
| LS LA in contraction phase (4- chamber view), % | -15,14 (-17,23; -12,35)                  | -15,45 (-17,76; -13,34)                        | -14,14 (-16,15; -11,9)            | p =,3836 |

|   |                         |                         |                         |                    |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
| <b>LS LA</b> in contraction phase (average of both chambers), % | -14,91 (-17,64; -12,76) | -15,94 (-17,54; -14,46) | -14,85 (-16,86; -12,11) | p =,1293           |
| <b>GLS LA</b> (2- chamber view), %                              | 28,22 (22,8; 33,89)     | 26,64 (24,58; 30,77)    | 26,19 (21,48; 28,38)    | p =,2245           |
| <b>GLS LA</b> (4- chamber view), %                              | 30,28 (25,99; 33,26)    | 26,4 (23,22; 29,48)*    | 26,04 (21,74; 30,59)    | p =,0642           |
| <b>GLS LA</b> (average of both chambers), %                     | 30,05 (25,26; 33,86)    | 26,04 (24,29; 29,37)*   | 26,46 (23,15; 31,06)    | p =,0778           |
| <b>R- triggering</b>  |                         |                         |                         |                    |
| <b>GLS LA</b> (2-chamber view), %                               | 35,71 (29,93; 41,56)    | 29,55 (25,68; 36,38)*   | 30,15 (23,29; 35,17)*   | p =,0089           |
| <b>GLS LA</b> (4-chamber view), %                               | 33,5 (26,13; 40,27)     | 31,06(26,92; 35,32)     | 28,99(24,49; 35,71)     | p =,2768           |
| <b>GLS LA</b> (average of both chambers), %                     | 34,8(30,2; 39,9)        | 30,78(26,46; 34,88)*    | 28,91(24,22; 35,99)*    | p =,0277           |
| <b>E/e` / GLS LA</b>  | 0,24 (0,18; 0,31)       | 0,32 (0,27; 0,39)*      | 0,37 (0,31; 0,46)*      | <b>p&lt;0,0001</b> |

\* significant differences in comparison with patients with AH and normal LV DF

№ significant differences in comparison with patients with AH and indetermined LV DF

Reduction of LA GLS in women with AH and abnormal DF LV compared with patients of 1<sup>st</sup> group was detected only with the use of R-synchronization of ECG, that considered as more universal. Notably, absolute values of GLS LA gradually decrease from the highest values in patients with normal DF LV to lowest ones in DD LV patients. In this way, meanings of GLS LA in patients with indetermined result of DF LV represent an intermediate stage from normal DF to DD LV.

Diastolic dysfunction is unquestionably linked to increased myocardial stiffness. The ratio E/e` / GLS LA is used for indirectly evaluate of it. In our research indicator E/e` / GLS LA was increased as far as breaking DF LV with its maximum value in women with DD LV.

#### 4. Discussion

In our study, the relationship between the state of LV diastolic function and the left atrial strain indices in postmenopausal women with arterial hypertension was shown. Diastolic dysfunction of the left ventricle has important prognostic significance in cardiovascular diseases, even in the absence of expressed structural changes in the heart. It has been reported earlier that the frequency diastolic impairment due to changing arterial elastance increases with age and is higher in women than in men [16; 17]. It has previously been registered that LV diastolic dysfunction does not negatively affect clinical parameters when it is not associated with changes in the index of left cardiac structural remodeling, based on LV hypertrophy magnitude and atrial dilation [18]. Simultaneously, LV abnormalities, such as LV hypertrophy and LV walls contraction disturbance, make the substrate for LV diastolic dysfunction and are common in patients with diastolic HF [14]. Increased LA volume is an independent predictor of HF and worsened mortality in previously asymptomatic subjects with a preserved EF [19].

Systolic and diastolic function do not seem to improve the ability of LV mass in predicting cardiovascular risk, and they did not improve it significantly in hypertensives [20], nevertheless, doppler transmitral inflow pattern has been tested successfully in stratifying

of prognosis in hypertensive patients in large epidemiologic studies [21; 22]. Tissue Doppler indices predicted risk of mortality independent of age and gender [23; 24]. However, increasing of only E/e` in patients with preserved EF can not be perfectly accurate [25]. That's why it becomes obvious that multiple echocardiographic parameters are required for accurate assessment of DD LV.

According to literary data, GLS is a powerful predictor of cardiac events and a better prognostic parameter than EF in heart failure [26]. Also described alterations in LA strain with some cardiovascular diseases and conditions [27; 28]. But some researchers found out that LA strain in the contraction phase in hypertensive patients may even increase, especially in the presence of LV hypertrophy [29]. Other recent studies have drawn attention to the presence of a higher LV mass and LA volume as well as a lower LA contractile reserve in patients with diastolic HF [30; 31]. Besides, previously it was shown that decreased contribution of active LA emptying to ventricular filling during diastole was strongly predictive of adverse cardiac events and death [32].

Speckle-tracking echocardiography is a promising diagnostic tool for detailed LA function evaluation [33]. This technique was successfully tested in various pathological conditions [34; 35]. However, the methodology of LA strain analysis needs standardization. The choice of zero reference point (P- or R-wave on ECG) for building LA deformation curves is still under discussion. The use of R-variant LA deformation analysis is considered to be a priority in the consensus document of the European Association for Cardiovascular Imaging because of its versatility and possibility to use it in case of cardiac arrhythmias, in particular an atrial fibrillation [35].

An important point in the evaluation of LV DF is estimating of LA stiffness. The ratio of invasively measured pulmonary capillary wedge pressure to LA deformation was used for this [37]. The E/e` ratio was also proposed for using in conjunction with LA strain to derive a noninvasive dimensionless parameter [28;

38]. The use of three-dimensional echocardiographic technologies as well as their combination with assessing LA deformation are a promising direction in the evaluation of diastolic function [39].

The main limitation of our study is the absence of a verifying method for assessing the state of DF LV, inasmuch as invasive procedures have not been conducted in the individuals we examined. In future studies it is necessary to search criteria for assessing left ventricular diastolic function, including the use of left atrial strain, to minimize the number of indetermined results.

### 5. Conclusions

Left atrial strain can be used to assess left ventricular diastolic function and differentiate its normal state and varying degrees of diastolic dysfunction in postmenopausal women with arterial hypertension.

### Conflicts of Interest

The authors state no conflict of interest.

### References

1. Writing Group Members, Mozaffarian, D., Benjamin, E.J., Go, A.S., Arnett, D.K., Blaha, M.J., Cushman, M., Das, S.R., de Ferranti, S., Després, J.P., Fullerton, H.J., Howard, V.J., Huffman, M.D., Isasi, C.R., Jiménez, M.C., Judd, S.E., Kissela, B.M., Lichtman, J.H., Lisabeth, L.D., Liu, S., Mackey, R.H., Magid, D.J., McGuire, D.K., Mohler, E.R., Moy, C.S., Muntner, P., Mussolino, M.E., Nasir, K., Neumar, R.W., Nichol, G., Palaniappan, L., Pandey, D.K., Reeves, M.J., Rodriguez, C.J., Rosamond, W., Sorlie, P.D., Stein, J., Towfighi, A., Turan, T.N., Virani, S.S., Woo, D., Yeh, R.W., Turner, M.B.; American Heart Association Statistics Committee, Stroke Statistics Subcommittee. Executive summary: heart disease and stroke statistics-2016 update: a report from the American Heart Association. *Circulation* 2016, *133*: 447-54. doi:10.1161/CIR.0000000000000366.
2. Pandey, A., Omar, W.; Ayers, C., LaMonte, M., Klein, L., Allen, N.B., Kuller, L.H., Greenland, P., Eaton, C.B., Gottdiener, J.S., Lloyd-Jones, D.M., Berry, J.D. Sex and race differences in lifetime risk of heart failure with preserved ejection fraction and heart failure with reduced ejection fraction. *Circulation* 2018, *137*, 1814–1823. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.031622.
3. Al Jaroudi, W.A., Alraies, M.C., Halley, C., Menon, V., Rodriguez, L.L., Grimm, R.A., Thomas, J.D., Jaber, W.A. Incremental prognostic value of diastolic dysfunction in low risk patients undergoing echocardiography: beyond Framingham score. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2013, *7*: 1441–50. doi: 10.1007/s10554-013-0246-2.
4. Eaton, C.B., Pettinger, M., Rossouw, J., Martin, L.W., Foraker, R., Quddus, A., Liu, S., Wampler, N.S., Hank Wu, W.C., Manson, J.E., Margolis, K., Johnson, K.C., Allison, M., Corbie-Smith, G., Rosamond, W., Breathett, K., Klein, L. Risk factors for incident hospitalized heart failure with preserved versus reduced ejection fraction in a multiracial cohort of postmenopausal women. *Circ. Heart Fail.* 2016, *9*, e002883.
5. Nagueh SF., Smiseth OA., Appleton CP., Byrd BF., Dokainish H., Edvardsen T., Flachskampf FA., Gillebert TC., Klein AL., Lancellotti P., Marino P., Oh JK., Popescu BA., Waggoner AD. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016, *17*:1321–60. doi: 10.1016/j.echo.2016.01.011.
6. van Dalen, B.M., Strachinaru, M., van der Swaluw, J., Geleijnse, M.L. A simple, fast and reproducible echocardiographic approach to grade left ventricular diastolic function. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2016, *32*(5):743-52. doi: 10.1007/s10554-015-0832-6.
7. Cameli, M., Lisi, M., Mondillo, S., Padeletti, M., Ballo, P., Tsioulpas, C., Bernazzali, S., Maccherini, M. Left atrial longitudinal strain by speckle tracking echocardiography correlates well with left ventricular filling pressures in patients with heart failure. *Cardiovasc Ultrasound*. 2010, *21*;8:14. doi: 10.1186/1476-7120-8-14.
8. Singh, A., Addetia, K., Maffessanti, F., Mor-Avi, V., Lang, R.M. LA Strain for Categorization of LV Diastolic Dysfunction. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017, *10*(7):735–743. doi:10.1016/j.jcmg.2016.08.014
9. Kovalenko, V., Lutay, M., Sirenko, Yu., Sychov, O.S. Cardiovascular disease. Classification, standards of diagnosis and treatment. Morion, 2016. P. 59–63 (in Ukr).
10. Mancia, G., Fagard, R., Narkiewicz, K., Redón, J., Zanchetti, A., Böhm, M., Christiaens, T., Cifkova, R., De Backer, G., Dominiczak, A., Galderisi, M., Grobbee, D.E., Jaarsma, T., Kirchhof, P., Kjeldsen, S.E., Laurent, S., Manolis, A.J., Nilsson, P.M., Ruilope, L.M., Schmieder, R.E., Sirnes, P.A., Sleight, P., Vii-gimaa, M., Waeber, B., Zannad, F., Task Force Members. 2013 ESH/ESC guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2013, *31*(7):2159–2219. doi: 10.1097/01.hjh.0000431740.32696.cc.
11. Soules, M.R., Sherman, S., Parrott, E., Rebar, R., Santoro, N., Utian, W., Woods, N. Stages of Reproductive Aging Workshop (STRAW). *J. Womens Health Gen. Based Med.* 2001, *10*(9):843-8. DOI: 10.1089/152460901753285732
12. Lang, R.M., Badano, L.P., Mor-Avi, V., Afilalo, J., Armstrong, A., Ernande, L., Flachskampf, F.A., Foster, E., Goldstein, S.A., Kuznetsova, T., Lancellotti, P., Muraru, D., Picard, M.H., Rietzschel, E.R., Rudski, L., Spencer, K.T., Tsang, W., Voigt, J.U. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J. Am. Soc. Echocardiogr.* 2015, *28*(1):1-39. doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
13. Marwick, T.H., Gillebert, T.C., Aurigemma, G., Chirinos, J., Derumeaux, G., Galderisi, M., Gottdiener, J., Haluska, B., Ofili, E., Segers, P., Senior, R.,

- Tapp, R.J., Zamorano, J.L. Recommendations on the use of echocardiography in adult hypertension: a report from the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) and the American Society of Echocardiography (ASE). *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. 2015, 16(6):577-605. doi: 10.1093/ehjci/jev076.
14. Nagueh, S.F., Appleton, C.P., Gillebert, T.C., Marino, P.N., Oh, J.K., Smiseth, O.A., Waggoner, A.D., Flachskampf, F.A., Pellikka, P.A., Evangelista, A. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009, 22: 107-133. doi: 10.1016/j.echo.2008.11.023.
15. Kolesnyk, M.Y., Sokolova, M.V. Reliability of two-dimensional speckle tracking echocardiography in assessment of left atrial function in postmenopausal hypertensive women. *Zaporozhye medical journal*. 2018, 1:19-25.
16. Mitchell, G.F., Parise, H., Benjamin, E.J., Larson, M.G., Keyes, M.J., Vita, J.A., Vasan, R.S., Levy, D. Changes in arterial stiffness and wave reflection with advancing age in healthy men and women: the Framingham Study. *Hypertension*. 2004, 43: 1239-1245. DOI: 10.1161/01.HYP.0000128420.01881.aa.
17. Hoshida, S., Shinoda, Y., Ikeoka, K., Fukuoka, H., Inui, H., Watanabe, T. Age- and sex-related differences in diastolic function and cardiac dimensions in a hypertensive population. *ESC Heart Fail*. 2016, 3(4):270-277. doi:10.1002/ehf2.12097.
18. Germing, A., Gotzmann, M., Schikowski, T., Vierkötter, A., Ranft, U., Mügge, A. Diastolic dysfunction without abnormalities in left ventricular geometry does not affect quality of life in elderly women. *Exp Clin Cardiol*. 2011, 16: 37-39.
19. Takemoto, Y., Barnes, M.E., Seward, J.B., Lester, S.J., Appleton, C.A., Gersh, B.J., Bailey, K.R., Tsang, T.S. Usefulness of left atrial volume in predicting first congestive heart failure in patients > or =65 years of age with well-preserved left ventricular systolic function. *Am J Cardiol* 2005, 96: 832- 836. DOI: 10.1016/j.amjcard.2005.05.031.
20. de Simone, G., Izzo, R., Chinali, M., De Marco, M., Casaluovo, G., Rozza, F., Girefoglio, D., Iovino, G.L., Trimarco, B., De Luca, N. Does information on systolic and diastolic function improve prediction of a cardiovascular event by left ventricular hypertrophy in arterial hypertension? *Hypertension* 2010, 56:99-104. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.150128.
21. Aurigemma, G.P., Gottdiener, J.S., Shemanski, L., Gardin, J., Kitzman, D. Predictive value of systolic and diastolic function for incident congestive heart failure in the elderly: the cardiovascular health study. *J Am Coll Cardiol* 2001, 37:1042-1048.
22. Bella, J.N., Palmieri, V., Roman, M.J., Liu, J.E., Welty, T.K., Lee, E.T., Fabsitz, R.R., Howard, B.V., Devereux, R.B. Mitral ratio of peak early to late diastolic filling velocity as a predictor of mortality in middle-aged and elderly adults: the Strong Heart Study. *Circulation* 2002, 105:1928-1933. DOI: 10.1161/01.cir.0000015076.37047.d9.
23. Wang, M., Yip, G.W., Wang, A.Y., Zhang, Y., Ho, P.Y., Tse, M.K., Yu, C.M., Sanderson, J.E. Tissue Doppler imaging provides incremental prognostic value in patients with systemic hypertension and left ventricular hypertrophy. *J Hypertens* 2005, 23: 183-191.
24. Dons, M., BieringSørensen, T., Jensen, J.S., Fritz-Hansen, T., Bech, J., de Knegt, M.C., Sivertsen, J., Olsen, F.J., Mogelvang, R. Systolic and Diastolic Function by Tissue Doppler Imaging Predicts Mortality in Patients with Atrial Fibrillation. *J Atr Fibrillation*. 2015, 8(1):1241. doi: 10.4022/jafib.1241.
25. Dokainish, H., Nguyen, J.S., Sengupta, R., Pillai, M., Alam, M., Bobek, J., Lakkis, N. Do additional echocardiographic variables increase the accuracy of E/e' for predicting left ventricular filling pressure in normal ejection fraction? An echocardiographic and invasive hemodynamic study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010, 23:156-61. doi: 10.1016/j.echo.2009.11.015.
26. Cho, G.Y., Marwick, T.H., Kim, H.S., Kim, M.K., Hong, K.S., Oh, D.J. Global 2-dimensional strain as a new prognosticator in patients with heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2009, 54:618-624. doi: 10.1016/j.jacc.2009.04.061.
27. Mondillo, S., Cameli, M., Caputo, M.L., Lisi, M., Palmerini, E., Padeletti, M., Ballo, P. Early detection of left atrial strain abnormalities by speckle-tracking in hypertensive and diabetic patients with normal left atrial size. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011, 24:898-908. doi: 10.1016/j.echo.2011.04.014.
28. Kurt, M., Wang, J., Torre-Amione, G., Nagueh, S.F. Left atrial function in diastolic heart failure. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009, 2:10-5. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.
29. Yang, L., Qiu, Q., Fang, S.H. Evaluation of left atrial function in hypertensive patients with and without left ventricular hypertrophy using velocity vector imaging. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2014, 30(8):1465-71. doi: 10.1007/s10554-014-0485-x.
30. Melenovsky, V., Borlaug, B.A., Rosen, B., Hay, I., Ferruci, L., Morell, C.H., Lakatta, E.G., Najjar, S.S., Kass, D.A. Cardiovascular features of heart failure with preserved ejection fraction versus nonfailing hypertensive left ventricular hypertrophy in the urban Baltimore community: the role of atrial remodeling/dysfunction. *J Am Coll Cardiol*. 2007, 49:198 - 207. DOI: 10.1016/j.jacc.2006.08.050.
31. Gottdiener, J.S., Kitzman, D.W., Aurigemma, G.P., Arnold, A.M., Manolio, T.A. Left atrial volume, geometry, and function in systolic and diastolic heart failure of persons or 65 years of age (the cardiovascular health study). *Am J Cardiol*. 2006, 97:83- 89. DOI: 10.1016/j.amjcard.2005.07.126.
32. Kaminski, M., Steel, K., Jerosch-Herold, M., Khin, M., Tsang, S., Hauser, T., Kwong, R.Y. Strong cardiovascular prognostic implication of quantitative left atrial contractile function assessed by cardiac magnetic resonance imaging in patients with chronic hypertension. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2011, 13:42. doi: 10.1186/1532-429X-13-42.
33. Miglioranza, M.H., Badano, L.P., Mihăilă, S., Peluso, D., Cucchin, U., Soriani, N., Iliceto, S., Muraru,

D. Physiologic determinants of left atrial longitudinal strain: a two-dimensional speckle-tracking and three-dimensional echocardiographic study in healthy volunteers. *J Am Soc Echocardiogr* 2016, 29 (11), 1023-1034. doi: 10.1016/j.echo.2016.07.011.

34. Galli, E., Fournet, M., Chabanne, C., Lelong, B., Leguerrier, A., Flecher, E., Mabo, P., Donal, E. Prognostic value of left atrial reservoir function in patients with severe aortic stenosis: a 2D speckle-tracking echocardiographic study. *European Heart Journal Cardiovascular Imaging*, 2016, 17:533–541. doi: 10.1093/ehjci/jev230.

35. Aung, S.M., Güler, A., Güler, Y., Huraibat, A., Karabay, C.Y., Akdemir, I. Left atrial strain in heart failure with preserved ejection fraction. *Herz*, 2017, 42 (2): 194–199. doi: 10.1007/s00059-016-4456-y.

36. Badano, L.P., Koliass, T.J., Muraru, D., Abraham, T.P., Aurigemma, G., Edvardsen, T., D'Hooge, J., Donal, E., Fraser, A.G., Marwick, T., Mertens, L., Popescu, B.A., Sengupta, P.P., Lancellotti, P., Thomas, J.D., Voigt, J.U. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using

two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018, 19(6):591-600. doi: 10.1093/ehjci/jey042.

37. Hoit, B.D., Klein, A.L., Garcia, M.J. Left atrial function: basic physiology. Diastology. Philadelphia. *Saunders Elsevier* 2008, 80:33–41.

38. Rivas-Gotz, C., Manolios, M., Thohan, V., Nagueh, S.F. Impact of left ventricular ejection fraction on estimation of left ventricular filling pressures using tissue Doppler and flow propagation velocity. *Am J Cardiol*. 2003, 91:780–784. DOI: 10.1016/s0002-9149(02)03433-1

39. Yodwut, C., Lang, R.M., Weinert, L., Ahmad, H., Mor-Avi, V. Three-dimensional echocardiographic quantitative evaluation of left ventricular diastolic function using analysis of chamber volume and myocardial deformation. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2013, 29(2): 285-93. doi: 10.1007/s10554-012-0087-4.



# НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Nurtaev Bakhram \*,  
Nurtaev Lali <sup>1</sup>

(\*) Institute of Helioclimatology, Frechen, 50226, Germany;  
(1) Cologne University of Applied Sciences, Cologne 50678, Germany

## BIG DATA PROCESSING IN HYDROLOGY

**Abstract.** In this study, the results of new hydrological projections are described. It was developed a module for quantifying of river runoffs, air temperature change and precipitation on uniform sampling basis. Particular importance was paid to choose a length of an appropriate base period, acting as an attractor and to derive adequate parameterizations of these quantities as a function of hydrological objects control parameters. All these ingredients were cast in a set of empirical equations for many hydrological stations with observations period about 100 years, for finding of river parameter trends and further forecasting.

*Key words:* solar cycle, hydrological cycle, river runoff, uniform sampling, attractor.

### Introduction

The growth in the quantity and diversity of data in hydrology has led to vast amounts of raw data that are not manageable by the conventional management tools. For example, almost all Earth observation sensors collect gigabyte data on daily basis and some can even exceed terabyte. Terabyte and petabytes data will be handled for continental or global-scale applications. To process such large data volume will be impossible with the traditional computing resources Lajiao Chen & Lizhe Wang (2018).

At present time there is a huge database in hydro-meteorology: about 100 years temperature, precipitation and river runoff records for many weather and hydrometric stations. The data processing heterogeneity in atmospheric science and hydrology poses a major challenge in hydrometeorological studies.

Different assessments in climate and hydrological models may, in turn, lead to different management strategies, for example, in irrigated agriculture or forestry with an unexpected long-term floods or droughts. Therefore, it is necessary to develop an integrated system of big data processing for uniformity of calculations in meteorology and hydrology.

The central concept of hydrology is based on the hydrological cycle. The driving force of the water cycle in general is the solar energy from the Sun, which provides the energy needed for evaporation. Increase of solar radiation leads to accelerated atmospheric circulation, glacier melting, precipitation- river runoff increase and finally to global sea- level rising.

At the same time the future behavior of water objects is not predictable with existed methods.

The aim of this study is a processing of data sets related to hydrology at a homogenous basis such as river discharge, water level of lakes, precipitation and air temperature in related area. This big data processing allows revealing patterns of formation of water resources in general and forecasting future trends.

The study is based on two fundamental principal in geosciences:

1. The driving force of the water cycle is the solar energy from the Sun. For example: one watt is equal to

the power to heat one gram of water per minute by approx. 14.3 K (i.e from 15 ° C to approx. 29.3 ° C within one minute).

2. Uniformitarianism is the fundamental principle that geologic processes and natural laws now operating to modify the Earth's crust have acted in the same regular manner and with essentially the same intensity throughout geologic time.

Solar energy reaching the earth's surface change the climate and total solar irradiance (*TSI*) is a measure of the solar energy flux.

Solar radiation is the major source of heat for the Earth. The sun provides light and warmth. In fact 99, 97% of energy budget of the earth arrives from the Sun Taylor, 2005 . This energy to the atmosphere is the primary driver of the Earth's weather.

A reconstruction of total solar irradiance since 1610 to the present estimated by various authors an increase in the total solar irradiance since the Maunder Minimum of about 1.3 W/m<sup>2</sup> , Krivova,2010. This is a huge amount of energy, taking into account the Earth's total land mass.

Currently, our civilization consumes around 17.7 Terawatts of power taken from all sources of energy, namely oil, coal, natural gas and alternative energies. Current global annual consumption of energy is equal to the average solar energy reaching the Earth's surface over a period of only one hour and 16 minutes.

### Method

Big data in hydrology is a collection of large datasets that cannot be processed using traditional computing techniques. It is not a single technique or a tool, rather it has become a complete subject, which involves various tools, techniques and frameworks.

Annual river discharge data, in mathematical sense, represents a set of natural numbers and can be described as:

$$Q = \{q_1, q_2, q_3, q_4, \dots, q_i, \dots\}; \quad (1)$$

-where  $q_1, q_2$  –measured yearly discharge of river runoff in m<sup>3</sup>/s.

In accordance with concept of water cycle and notion of sets (mathematic), every member of

river discharge “q” set is also a member of set solar activity presented as “tsi”, then “q” is said to be a subset of “tsi” (Figure 1).

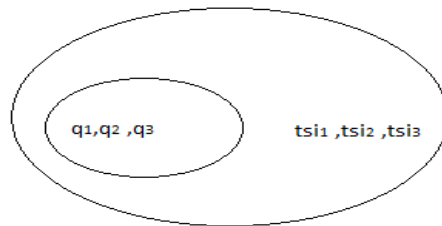


Figure 1. River discharge (or water level) is a subset of solar activity,  $q \subset tsi$ .

$$TSI = \{tsi_1, tsi_2, tsi_3, tsi_4, tsi_i, \dots\}; \quad (2)$$

-where  $tsi_1, tsi_2, \dots, tsi_i$  - measured Total Solar Irradiance in  $W/m^2$ .

Relationship between water level and solar activity over the period 1755-1993 is presented on an example of the Baikal Lake level, Levi et al (2003) (Fig.2).

For discovery of relationship a set of data points plotted on an x and y axis to represent two sets of variables is created. An independent variable tsi is plotted along the horizontal axis. The measured river discharge or dependent variable q is plotted along the vertical axis.

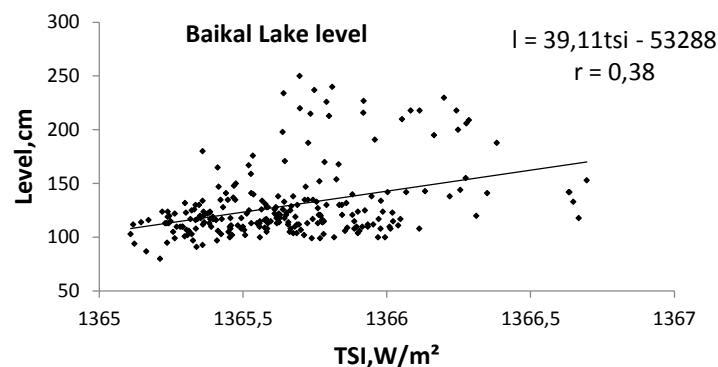


Figure 2. Relationship of the Baikal Lake level ( $l$ ) in dependence on solar activity (TSI) over the period 1755-1993.

Correlation coefficient indicates a moderate positive linear relationship. Plotting of the Baikal Lake systems in the simple graph revealed that this represents some kind of trajectory upon which a system runs from situation to situation without ever settling down.

The hydrological system is a part of the chaotic weather system. Boundaries of climate system are unconstrained, so wide range weather components are initial conditions of level formation. Even a very slight change in the starting point of weather conditions can lead to significant different outcomes.

In accordance with concept of the water cycle and sets theory (Figure 1) –every change of sun output- tsi, leads to change of subset water level or river discharge -q.

To enhance the trend in the graph, we used a hidden attractor, expressed in the length of the solar cycle.

Observation period for hydrological objects was divided on 11 years solar cycles time intervals. It was calculated for every such interval averaged river discharge (or water level) and air temperature, Nurtaev (2015):

$$q = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n q_i;$$

$$t^{\circ} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n t^{\circ}_i;$$

where  $q$  – averaged sunspot number for one solar cycle with length  $n = 11$  years;  $t^{\circ}$  – averaged air temperature for one solar cycle  $^{\circ}C$ ,  $i$  - solar cycles 1 to current 24.

This averaging allows avoiding a seasonal and a temporal variability of river discharge and air temperature. Averaging over 11 years as a rule gives a smoothed effect in case of water use or filling of a reservoir, Shermatov et al (2004). After a reservoirs or dams are filled, river runoff tends to natural behavior as in the Mississippi river and in Baikal Lake.

#### Results and discussion.

Plots of averaged values of selected water objects are shown in Figure 3. On the same figure, for the comparison, we also plot a dependence of averaged river discharge and the Baikal level from averaged (for the same 11 years period) Total Solar Irradiance. In this range the plots can be fitted to a very good approximation by means of linear equation.

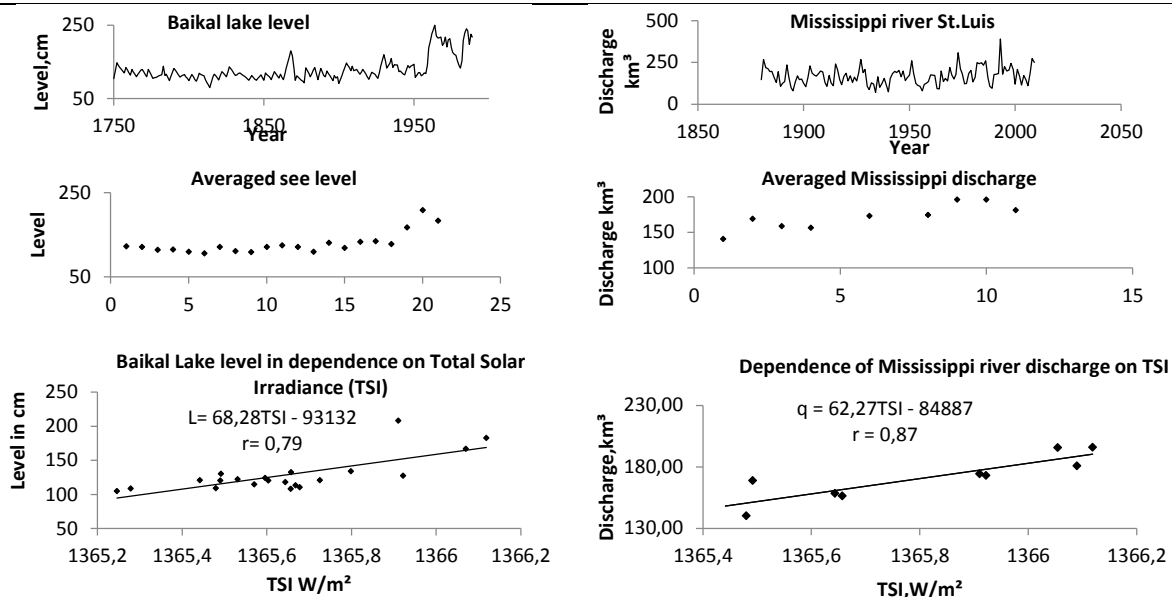


Figure 3. Time series of Baikal see level (left) and Mississippi river discharge (right) with averaging on 11 years.

The statistical significance of the solar influence on air temperature was evaluated in the Irkutsk city situated near the Baikal Lake, and air temperature influence on the lake level, (Fig. 4).

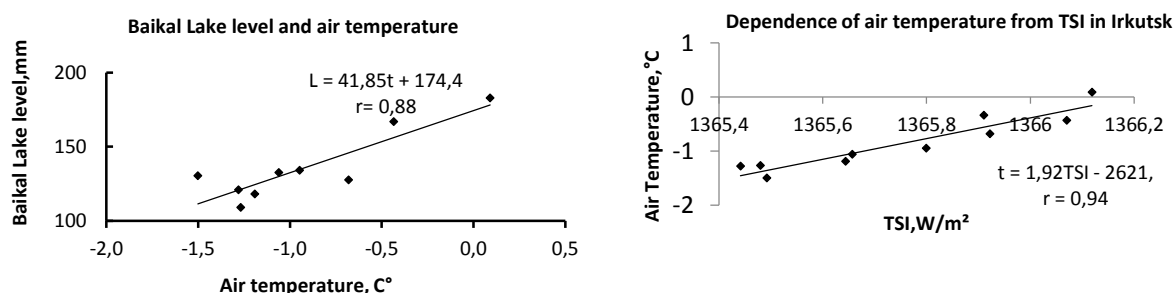


Fig.4. The Baikal Lake level in dependence on air temperature and air temperature from Total Solar Irradiance.

In the similar way there were analyzed many hydrological, weather stations and Global Sea level.

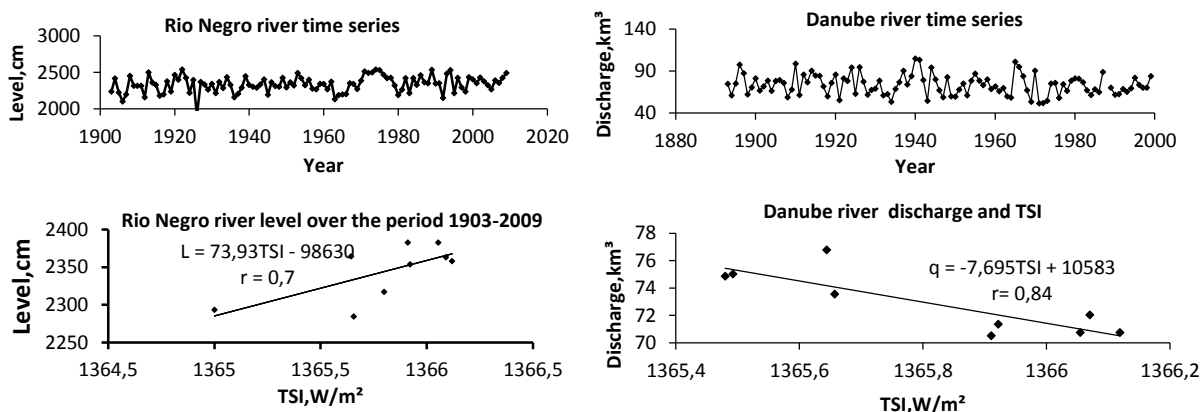


Figure 5. Time series of Rio Negro River level and Danube river discharge. (top charts)

Dependences of level and discharge from Total Solar Irradiance (bottom charts).

The Rio Negro river level over the period 1903-2009 in dependence from solar activity:

$$L = 73,93TSI - 98630, r = 0,7$$

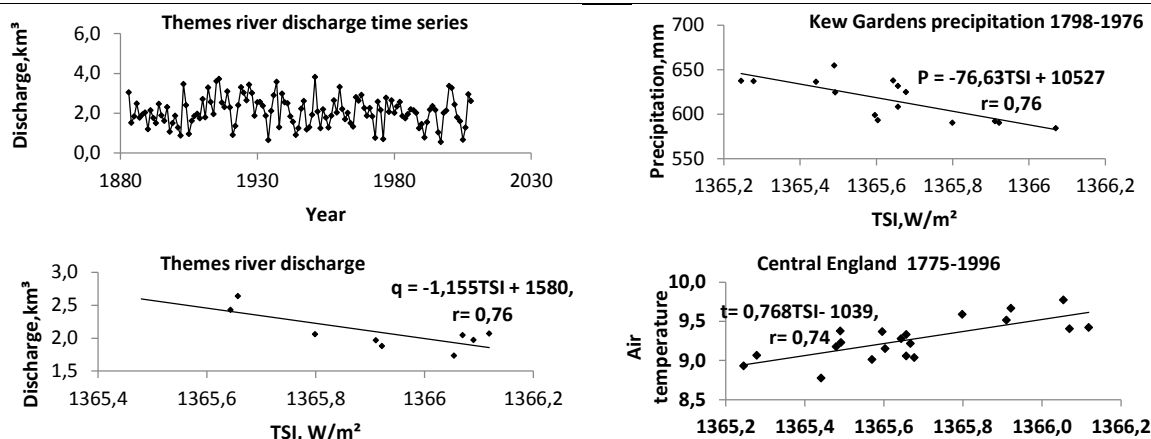


Figure 6. The Thames river discharge, precipitation in Kew Gardens and air temperature in Central England in dependence on Total Solar Irradiance.

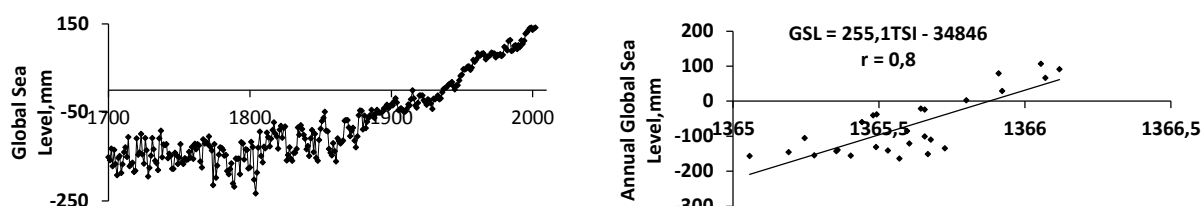


Figure 7. Global sea level time series (left) and dependence of Global Sea Level, (GSL) averaged on 11 years from Total Solar Irradiance (right).

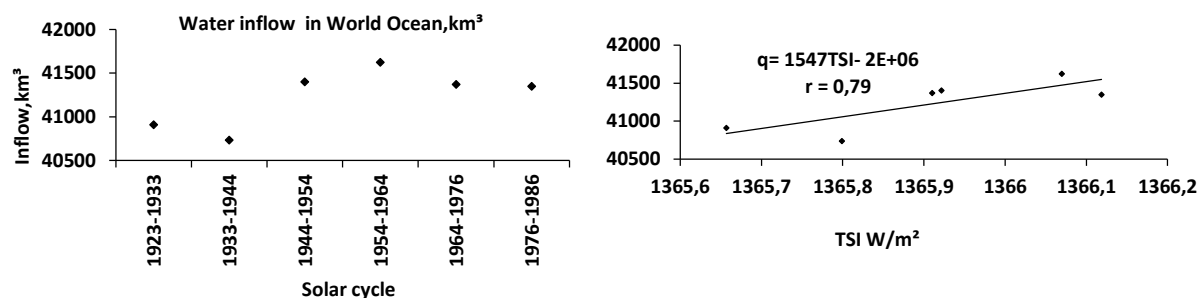


Figure 8. Dynamics of water inflow in World Ocean, Shiklomanov (2009) averaged in 11 years basis (left) and dependence from Total Solar Irradiance, Nurtaev (2015).

### Conclusion

The proposed data processing method allows all water formation parameters get to a single denominator with interval for one solar cycle. This approach permits one to gain a quick overview of the data at hand and to identify correlations, different types of data and outliers. With the proposed method a trend of river discharge or water table can be defined.

The solar cycle 25 will be very weak: TSI = 1365.5 W/m<sup>2</sup> (National Geophysical Data Center (NGDC) forecasting) (2009). This will lead to a decrease of the Global sea level in averaged solar cycle.

Solar cycle 25 is the upcoming and 25th solar cycle since 1755, when extensive recording of solar sunspot activity began. It is expected to begin in late 2019 and continue through 2030.

Discharge trends of studied rivers can be defined from the given graphs. Total Solar Irradiance has been reconstructed by many astrophysicists over the last 9000 years. For this period the World Ocean level can also be reconstructed.

Proposed Big Data Processing can be used for infinite period of time in future and also as inverse model for reconstructed data.

### Acknowledgments.

We would like to express our deepest appreciation to all those who provided following open sources: NASA, The Global Runoff Data Centre, Royal Netherlands Meteorological Institute KNMI, these have invested their full effort for accumulation of many years Databases.

### Data Availability.

The data that support the findings of this study are available in:

1. The Global Runoff Data Centre, 56068 Koblenz, Germany.
2. Royal Netherlands Meteorological Institute KNMI.
3. National Aeronautics and Space Administration, Goddard Institute for Space Studies.

These data were derived from the following resources available in the public domain:

River discharge:  
[https://www.bafg.de/DE/Home/homepage\\_node.html](https://www.bafg.de/DE/Home/homepage_node.html)  
Reconstructed temperature, Global Sea Level and  
Total Solar Irradiance: <http://climexp.knmi.nl/start.cgi>  
Air temperature from:  
<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/stdata/>

#### References.

1. Krivova, N. A., L. E. A. Vieira, and S. K. Solanki. Reconstruction of solar spectral irradiance since the Maunder Minimum, *Journal of Geophysical Research (Space Physics)*, 2010, 115, A12112 (11 p.)  
2. Lajiao Chen & Lizhe Wang. Recent advance in earth observation big data for hydrology. *Journal Big Earth Data*. Volume 2, 2018 - Issue 1, Pages 86-107.  
<https://doi.org/10.1080/20964471.2018.1435072>

3. Levi K.G at all: *Sovremennaya geodinamika i geliodinamika* 2003. 379 p.

DOI: 10.13140/2.1.3613.4082

4. Nurtaev B. Influence of climate variability on large rivers runoff. *Proc. IAHS*, 371, 211–214, 2015. [doi:10.5194/piahs-371-211-2015](http://proc-iahs.net/371/211/2015/).

5. Shiklomanov A. (1999) International Hydrological Programme. Available at [http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/part%272/Tb\\_10.html](http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov/part%272/Tb_10.html)

6. Shermatov et al. Analysis of water resources variability of the Caspian and Aral sea basins on the basis of solar activity. *Journal of Marine Systems*. Volume 47, Issues 1–4, June 2004, Pages 137-142

7. Taylor, F. W.: *Elementary Climate Physics*, Oxford University Press, Oxford, p. 232, 2005.

**Hasanov A.B.**

*Doctor of phys & math, professor,  
Azerbaijan State Oil and Gas University*

**Narimanov N.R.**

*PhD in geology, docent,  
Azerbaijan State Oil and Gas University*

**Narimanov R.N.**

*Azerbaijan State Oil and Gas University*

### STUDY OF TECTONIC STRESS LOCALIZATION UNDER CONDITIONS OF DEEP COMPRESSION AND LOCAL UPLIFT

**Гасанов Адалят Бадал оглы**

*д.ф.-м.н., профессор кафедры ГМР,  
Азербайджанского Университета Нефти и Промышленности*

**Нариманов Нариман Рустам оглы**

*к.г.-м.н., доц. кафедры НГГ,  
Азербайджанского Университета Нефти и Промышленности*

**Нариманов Рустам Нариман оглы**

*Уч. мастер кафедры ММ,  
Азербайджанского Университета Нефти и Промышленности*

### ИЗУЧЕНИЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛУБИННОГО СЖАТИЯ И ЛОКАЛЬНЫХ ПОДНЯТИЙ

**Summary.** In the article discusses the formation of folds in the rock strata of rocks by mechanisms of longitudinal and transverse bending. Based on this, a model of the anticline fold is given and tensile and compressive stresses occurring during its formation are indicated. As a result of the action of the anticline fold, a network of cracks is formed, which decreases with depth due to an increase in geostatic pressure on the area and compressive stresses on its wings. Depending on the action of normal and tangential tensile and compressive stresses along the length of the fold, formulas for integrating these stresses along the length and height of the fold are given. The formulas for the intensity factor generated by the stresses are given.

**Аннотация.** В статье рассматривается формирование складчатых структур в условиях подповерхностного давления, а также сжатия, продольного и поперечного изгиба. Рассмотрены модели антиклинальной складки, и указаны растягивающие и сжимающие напряжения возникающие при формировании данных структур. Изучены возможные механизмы воздействия локальных напряжений в сводовой части антиклинальной складки, в результате которых образуется сеть трещин, уменьшающаяся с глубиной, в связи с нарастанием геостатического давления на своде и сжимающих напряжений на ее крыльях. В зависимости от действия нормальных и касательных напряжений растяжения и сжатия вдоль складки, приведены формулы интегрирования этих напряжений по длине и высоте складки и формулы коэффициентов интенсивности, создаваемых напряжений.

**Key words:** local uplift, tectonic stresses, bending, stratigraphy depth, geostatic pressure.

**Ключевые слова:** локальное поднятие, тектонические напряжения, изгиб, нейтральная зона, стратиграфическая глубина, геостатическое давление.

### Постановка проблемы

Современный опыт разведки крупных месторождений нефти и газа преимущественно связан глубокоководными участками внешнего континентального шельфа, где режим подповерхностного давления крайне враждебный в условиях промышленной эксплуатации этих месторождений. В связи с этим, прогноз этого давления является необходимым условием снижения рисков, связанных с непредвиденными скачками давления и выбросами, опасными для жизни людей и разрушающими дорогостоящее буровое и эксплуатационное оборудование [3, 6, 7, 8].

Подповерхностные давления могут быть результатом местной, а также региональной тектоники, когда происходит движение плит земной коры, диапиризм, складывание и сдавливание, вызванные нисходящим падением блоков и т. д. Наряду с перечисленным, в сильно нагруженных пластах происходит уменьшение объема пор в компетентных слоях (на крыльях) и увеличение в ядре антиклинальных складок. Также происходит дополнительный радиальный разрыв пластов, ввиду

сдавливания и растяжения скелетной структуры породы выше предела ее упругости.

### Основная часть

Известно, при формировании складки механизмом продольного изгиба, толщи пород подвергаются сжимающим напряжениям [1, 2]. В этом случае сводовая часть формирующейся складки, испытывает растягивающие напряжения (Рис.1). Интенсивность этих напряжений на своде складки уменьшается со стратиграфической глубиной и на определенной глубине действие растягивающих напряжений под нарастающим влиянием геостатического давления и сжимающих напряжений на крыльях складки убывает до полного исчезновения. Таким образом, в сводовой части складки имеется зона, выше которой возникают напряжения растяжения, приводящие к трещинообразованию вдоль ее свода. Далее, с глубиной, трещиноватость в сводовой части складки исчезает и даже ранее образовавшиеся трещины под влиянием указанных давлений могут закрыться, снижая коллекторские свойства пород.

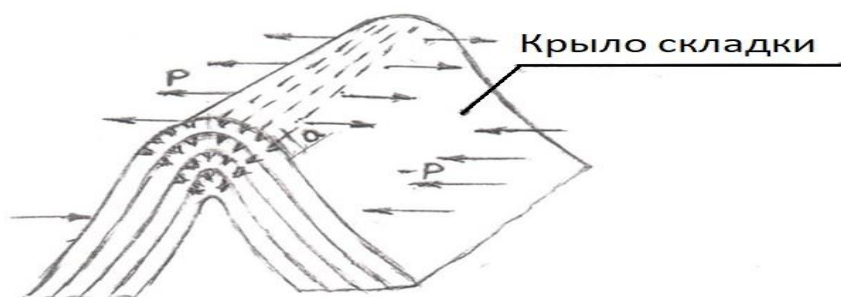


Рис.1. Напряжения, возникающие в складке при ее формировании механизмом продольного изгиба.  
( $P$  - силы растяжения, действующие на своде складки;  
 $-P$  - силы сжатия, действующие на крыле складки)

При этом ухудшение коллекторских свойств происходит даже у пород, которые обладали первичной пористостью.

В результате между сводом и крыльями складки должна существовать зона минимальных напряжений ( $\sigma$ -min,  $\sigma$ -min;  $\tau$ -min,  $\tau$ -min) или можно так сказать «нейтральная зона» в условиях геостатического давления и сжимающих напряжений. Следует отметить, что трещины растяжения развиваются нестабильно при определенном уровне внешних дифференциальных давлений, а так же в зависимости от изменения прочности пород с глубиной и по площади складки.

При формировании антиклинальной складки механизмом продольного изгиба, интенсивность развития трещин в ее сводовой части относительно меньше чем при механизме поперечного изгиба (Рис.1). Это связано с тем, что при формировании складки механизмом поперечного изгиба горизонтально ориентированные сжимающие напряжения или отсутствуют полностью или слабо выражены. Развитие же сети трещин и разрывов на своде такой складки зависит от ее энергетического потенциала и физико-механических свойств слогающих

надстилающую толщу пород. Так, например известно что степень развитости складки механизмом поперечного изгиба, т.е. структура нагнетания или диапировой складки, зависит от ее энергетического потенциала, который образует градиент плотностей между реологически активной массой и вмещающими породами.

У глинистых диапиров существует два источника энергии. К первому относится градиент плотности, а второй источник формируется в процессе преобразования органического вещества в углеводороды (кероген). Подобные преобразования обычно происходят в нефтематеринских породах, к которым относятся глины, являющиеся реологически активной массой. В этом случае генерирующиеся флюиды (газ, нефть, вода), уменьшая среднюю плотность реологически активной массы (глины), способствуют дополнительному увеличению градиента плотности между реологически активной массой и вмещающими породами. В результате накопления большой массы, реологически активная порода обретает высокий энергетический потенциал и, согласно закону Архимеда, начинает «всплывать». При этом вышележащие толщи пород



деформируются в виде изометрической складки - купола. В итоге, на своде купола возникают напряжения растяжения, которые приводят к формированию сети радиальных трещин и разрывов. Степень развитости последних, будет зависеть, как от энергетического потенциала реологически активной массы, так и от литофациального состава пород, покрывающих реологически активную массу (Рис.2). При этом в более компетентных породах (песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки и т.д.) трещиноватость и разрывообразование будет более интенсивно чем у малокомпетентных и некомпетентных пород. Однако, в любом случае, трещиноватость, образовавшаяся в сводовой части диапира как и у брахиформной, так и у линейной складки,

будет убывать с глубиной. Описанный случай возможен, если энергетический потенциал реологически активной массы будет меньше геостатического давления, создаваемого, вышележащими толщами пород. Если же энергетический потенциал реологически активной массы будет больше геостатического давления вышележащих толщ, то в этом случае реологически активная масса (ядро складки), за счет относительно высокого значения градиента, прорвет толщу вышележащих пород и обнажится на дневной поверхности. В этом случае складка называется диапиром. Если же ядро складки остается перекрытым вышележащими толщами, то она называется крипто-диапиром.

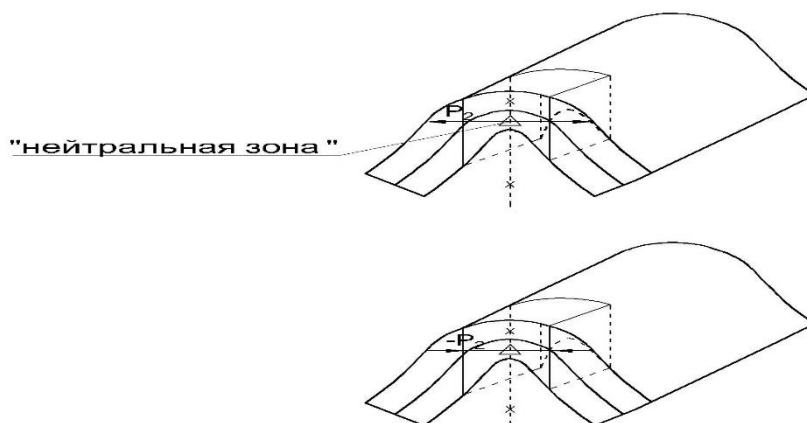


Рис. 2. Формировании складки механизмом поперечного изгиба.

Помимо рассмотренного случая, перераспределение напряжения в условиях глубинного давления происходит и при наличии сбросо-взбросовых структур, в сочетании с стратиграфически прогрессирующей седиментации (Рис.3).



Рис. 3. Роль разломов в перераспределении глубинного и внутрислоевого давления.

В качестве примера, рассмотрим относительно вытянутую антиклинальную складку и обозначим ее длину складки через  $L$ . Как изображено на рис. 2, силы растяжения  $P$  и силы сжатия  $P$ , действуют по длине складки ( $L$ ). Следовательно нормальные и касательные напряжения растяжения и сжатия ( $\sigma, \tau; -\sigma, -\tau$ ), зависящие от этих сил, так же действуют по

длине складки [4, 5]. В этом случае формулы интегрирования этих напряжений по длине складки ( $L$ ) могут быть записаны, как:

$$\sigma \int_L^0 ldl + (-\sigma) \int_L^0 ldl = (\sigma_n); \tau \int_L^0 ldl + (-\tau) \int_L^0 ldl = (\tau_n) \quad (1)$$

Указанные формулы интегрирования определяют сумму нормальных и касательных напряжений сжатия и растяжения ( $\sigma, -\sigma; \tau, -\tau$ ) по длине складки. Значения длины и значения предела прочности пород берем из справочника [4] и зададим значения длины антиклинальной складки  $L=5000$  м, а предел прочности при сжатии для известняка  $\sigma=30-410 \text{ кгс/см}^2$ . В общем приведем расчет одного из интегрирований нормального напряжения, подставив в формулу интегрирования, одно из значений предела прочности  $\sigma$  для известняка берем, как  $\sigma=30 \text{ кгс/см}^2=30 \text{ кгс/100 мм}^2=0,3 \text{ кгс/мм}^2=3 \text{ МПа}$ .

$$\sigma \int_L^0 l dl = \sigma \frac{l^2}{2} = 0,3 \frac{(5 \cdot 10^6)^2}{2} = 375 \cdot 10^{10} \text{ МПа}$$

$$) -0,3 \frac{(5 \cdot 10^6)^2}{2} = -375 \cdot 10^{10} \text{ МПа}$$

При меньшем количестве слоев компетентных пород (песчаники, карбонаты, алевролиты и т.д.) в строении складки в зависимости от значения предела прочности ( $\sigma$ ) этих пород, значение интегрирования напряжений растяжения будет высоким.

При определенном уровне внешних дифференциальных давлений, укажем коэффициенты создаваемые ими напряжений (стр.28, В.В.Булатов). В данном случае мы рассматриваем как напряжения сжатия:

$$K_1 = P_0 \sqrt{\pi a} \sin^2 \theta_0; K_2 = P_0 \sqrt{\pi a} \sin \theta_0 \cos \theta_0 \quad (2)$$

В указанной формуле,  $P_0$  – растягивающие усилия, которые образуют напряжения растяжения ( $\sigma, \tau$ );  $a$  – половина длины трещины см. рис.2,  $\theta_0$  – угол наклона растягивающих усилий к оси. Выражения (2) выполняются для плоскости, ослабленной сетью трещин при абсциссе  $|x| \leq a$  и ординате  $y = 0$ .

Коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$  интенсивность нормальных и касательных напряжений растяжения и сжатия ( $\sigma, \tau; -\sigma, -\tau$ ) при формировании антиклинальной складки механизмом продольного изгиба будут ниже, чем при механизме поперечного изгиба. Параметр  $a$  – половина длины трещины в выражении (2), при больших значениях нормальных  $\sigma$  и касательных  $\tau$  растягивающих напряжениях, будет иметь большое значение, при низких значениях  $\sigma$  и  $\tau$ , соответственно будет иметь низкое значение. При больших значениях параметра растягивающего усилия  $P_0$ , значения растягивающих напряжений ( $\sigma, \tau$ ) соответственно увеличиваются.

При механизме поперечного изгиба, нормальные и касательные напряжения сжатия и растяжения, действуют в глубь складки, а так же в радиальном направлении. Условно обозначим высоту складки через  $H$  и напишем формулу интегрирования нормальных и касательных напряжений по высоте складки ( $H$ ):

$$\sigma \int_H^0 h dh + (-\sigma) \int_H^0 h dh = (\sigma_n); \tau \int_H^0 h dh + (-\tau) \int_H^0 h dh = (\tau_n) \quad (3)$$

Зададим высоту складки  $H = 300$  м,  $h = 100 \div 300$  м, а значения предела прочности  $\sigma$  и касательных напряжений  $\tau$  берем из справочника, тогда формулу интегрирования нормальных и касательных напряжений в радиальном направлении складки можем написать в виде:

$$\sigma \oint r dr = \sigma_n, (-\sigma) \oint r dr = -\sigma_n; \tau \oint r dr = \tau_n, (-\tau) \oint r dr = -\tau_n \quad (4)$$

здесь  $\oint r dr$  – эмпирическое выражение интегрирования нормального напряжения ( $\sigma$ ) и касательного напряжения, по окружности ( $\oint$ ), радиусом  $r$  с дифференциалом  $dr$ ;  $\sigma_n$  и  $-\sigma_n$  – значения интегрирования по окружности нормальных растягивающих и нормальных сжимающих напряжений.  $\tau_n$ ,  $-\tau_n$  – значения интегрирования по окружности касательных растягивающих и касательных сжимающих напряжений;  $\int_L^0 l dl$  – эмпирическое выражение линейного интегрирования нормального ( $\sigma$ ) и касательного ( $\tau$ ) напряжения по длине  $L$  с дифференциалом  $dl$ ;  $\sigma_n$  – значения суммы интегрирования нормальных растягивающих ( $\sigma$ ) и сжимающих ( $-\sigma$ ) напряжений;  $\tau_n$  – значения суммы интегрирования касательных растягивающих ( $\tau$ ) и сжимающих ( $-\tau$ ) напряжений.

**Выводы** – при формировании складок механизмом продольного изгиба сеть трещин растяжения, возникающие в их сводовой зоне по простиранию складки, затухают с глубиной в силу нарастания геостатического давления и убывания растягивающих напряжений.

– при формировании складки механизмом поперечного изгиба на ее своде развивается в основном радиальная сеть трещин растяжения, которые могут осложнить всю толщу пород перекрывающих ядро складки.

– интенсивность трещинообразования в сводовой зоне складок как продольного, так и поперечного изгибов, имеет также непосредственную связь с типом пород, т.е. с их литофациальным составом, степенью консолидации, чередования компетентных и некомпетентных пород с мощностью перекрывающих ядро отложений и с тектонической активностью региона.

– возникающие трещиноватости в сводовых зонах складок могут привести к разгерметизации структурных ловушек с последующим разрушением и переформированием, содержащихся в них углеводородных скоплений в основном за счет вертикальной, т.е. внерезервуарной миграции флюидов.

### Литература

- 1) Булатов В.В. – «Глубинная геомеханика» - М.: Недра, 1990 г., 264 стр.
- 2) Керимов З.Н. – «Геодинамика» Баку, «Азернешр», 2007 г., 158 с.
- 3) Михайлов А.Е.- «Структурная геология и гелогическое картирование», «Недра», Москва 1973 г., 432 с.

4) Попов К.Н. – «Материаловедение для каменщиков, монтажников конструкций», Москва «Высшая школа», 1986 г., 192 с.

5) Феодосьев В.И. – «Сопротивление материалов», главная редакция физико-математической литературы издательство «Наука», 1970 г., .544 с.

6) Aliyarov R. Y., Hasanov A.B., Ibrahimli M. S., Ismayilova Z. E., Jabiyeva A. J. Forecasting Oil and Gas Reservoirs Properties Using of Fuzzy-Logic Based Methods. Scientific journal "Advances in Intelligent Systems and Computing" VOL. 896, Polish Academy

of Sciences, Systems Research Institute, Warsaw, Poland, 2018, pp. 769-773.

7) Chilingar G.V., Serebryakov V.A., Robertson J.O. - Origin and prediction of abnormal formation pressures. 2002. Elsevier Science, Amsterdam, Netherlands, pp. 123-148

8) Hasanov A.B., Sultanov L.A., Pashaev Z.M. - Petrophysical properties and brief geochemical characteristics of the deep-lying oil bearing rocks of the Kura Depression. Scientific journal "Fundamentalis scientiam" VOL. 1, №22. Madrid, Spain, 2018, pp. 16-19.

**Habibova N.Z.**

*Associate Professor of the Department of Processes and Apparatus of Chemical Technology,  
D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia*

**Moskvichev S.S.**

*Assistant of physical chemistry Department  
D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia*

## ENERGY RESOURCES OF THE UNIVERSE FOR THE FUTURE OF THE WHOLE EARTH

**Хабибова Наталья Замиловна**

*к.т.н., доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии  
Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева,  
г. Москва, Россия*

**Москвичев Станислав Сергеевич**

*ассистент кафедры физической химии  
Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева,  
г. Москва, Россия*

## ЭНЕРГОРЕСУРСЫ ВСЕЛЕННОЙ ДЛЯ БУДУЩЕГО ВСЕЙ ЗЕМЛИ

**Summary.** The problem of increasing the human factor and anthropogenic load on the earth's atmosphere is discussed. Forecasts of the consequences of changes in the composition of the planet's air atmosphere are studied. The calculation of the density of energy-mass of the Universe. This paper uses data from observational astronomy. It is assumed that the further study of the quantum vacuum should go only for the benefit of mankind.

**Аннотация.** Обсуждается проблема возрастания человеческого фактора и антропогенной нагрузки на атмосферу Земли. Изучаются прогнозы последствий изменения состава воздушной атмосферы планеты. Приведен расчет плотности энергии-массы Вселенной. В настоящей работе используются данные, полученные наблюдательной астрономией. Предполагается, что дальнейшее изучение квантового вакуума должно пойти только на благо человечества.

**Keywords:** *Universe, energy resources, air shell, quantum vacuum, mass-energy density.*

**Ключевые слова:** *Вселенная, энергоресурсы, воздушная оболочка, квантовый вакуум, плотность массы-энергии.*

Судьба эволюционирующей, расширяющейся Вселенной интересует космологов. Вселенная объединяет бесконечное число звёзд и планет: в одной только Галактике Млечный путь, к которой относятся и Солнечная система, насчитывается около 400 миллиардов звёзд и 100 миллиардов планет и наша планета только одна из них. Существование Земной человеческой цивилизации явление уникальное: мировой науке пока неизвестны факты, подтверждающие наличие разума где-либо ещё в космосе, кроме нашей планеты. Тем не менее, по мнению учёных, имеется реальная угроза не только жизни на Земле, но и даже существованию самой планеты.

Труды историков, современные астрономические наблюдения, геологические данные, информация об эволюции биосферы Земли свидетельствуют о катастрофических последствиях столкновений планеты с опасными космическими объектами (ОКО) в прошлом. При этом не исключается вероятность столкновений, последствия которых могут иметь глобальный характер [2]. Доказательством этих фактов являются кратеры, которыми испещрены поверхности Марса, Луны, Меркурия и других планет. Во вселенной присутствуют огромное количество астероидов и комет, свидетелей эпохи рождения этих планет. Время от времени, эти космические тела переходят на орбиты, пересекающиеся с орбитами Марса, Меркурия и других планет. Свидетельством того, что процесс продолжается и

в современную эпоху является Тунгусская катастрофа 1908 года. Яркой демонстрацией масштабов космических ударов является серия взрывов в атмосфере Юпитера в 1994 году, вызванная падением на него фрагментов кометы. Столкновения таких масштабов с Землёй привели бы не только к гибели человечества, но и к вымиранию многих видов живых организмов. На Земле с её мощной защитной атмосферой и, соответственно, эрозионными процессами, кратеры со временем разрушаются и исчезают.

Формирование химического состава атмосферы Земли началось около четырех миллиардов лет назад. Изначально в ней присутствовали лишь легкие газы – гелий и водород. По мнению учёных, исходными предпосылками создания газовой оболочки вокруг Земли стали извержения вулканов, которые вместе с лавой выбрасывали огромное количество газов. В дальнейшем начался газообмен с водными пространствами, живыми организмами и продуктами их жизнедеятельности. Состав воздуха постепенно менялся и в современном виде зафиксировался несколько миллионов лет назад. Главными компонентами атмосферы Земли являются азот (около 79 % объёмных) и кислород (около 20 % объёмных) [1]. Оставшийся 1 % представлен следующими газами: аргон, неон, гелий, метан, углекислый газ, водород, криптон, ксенон, озон, аммиак, диоксид серы, диоксид азота, закись азота и окись углерода. Следует отметить, что при этом озон, диоксиды азота и серы, окись углерода, закись азота присутствуют в качестве примесей, и их содержание может меняться. Концентрация углекислого газа в наши дни, по сравнению с доиндустриальным уровнем (тогда по оценке учёных эта величина составляла 0,00028 % объёмных) возросла в 1,5 раза. Рекордный уровень этого значения был зафиксирован в 2015 году и достиг показателя в 0,00041 % объёмных, согласно данным, представленным Всемирной метеорологической ассоциацией. Этому негативному явлению способствовало индустриальное воздействие человека, провоцирующее глобальное потепление климата. Помимо газовых компонентов в воздухе содержится вода и присутствуют твёрдые частицы: пыльца растений, кристаллики соли, грунтовая пыль. Содержание воды в атмосфере Земли зависит от географической широты и колеблется от 0,2 % до 2,5 % от общего объёма воздушной оболочки. Вода является важным аккумулятором тепла и содержится преимущественно в нижних слоях атмосферы. С увеличением высоты концентрация её неуклонно падает. До высоты 100-120 км. вследствие полного перемешивания воздуха, состав атмосферы однороден. За пределами этих значений соотношение между азотом и кислородом начинает изменяться. Например, на высоте 200-800 км содержание азота в 10-100 раз преобладает над кислородом. На верхние атмосферные слои приходится небольшая часть её массы, но именно они в значительной степени определяют качество жизни на поверхности нашей планеты. На высоте 500-1000

км гелий становится основным составляющим компонентом. Гелиевая корона Земли простирается примерно до 1600 км, выше 2000-3000 км преобладает водород. Эти легкие слои атмосферы защищают наш «Космический дом» от потока лучей и оберегают от череды частиц высоких энергий.

Энергетика космоса волнует умы ученых, многие вопросы остаются нерешенными. Ключевую роль в судьбе Вселенной (закрытая, открытая, стационарная) играет плотность энергии-массы (эквивалентны по Эйнштейну  $E = m \cdot c^2$ , где  $E$  – энергия,  $m$  – масса,  $c$  – скорость света).

Установлено, что плотность энергии-массы Вселенной близка к критической, грань между закрытой, т.е. переход от расширения к сжатию, и открытой, т.е. бесконечно расширяющейся, трудноловима.

Отклонения плотности энергии-массы Вселенной от критической оценивается в  $10^{-60}$  (P.C.W. Davies). Высокая степень близости или даже равенство подтверждают измерения высокоточными приборами реликтового излучения. Температура реликтового излучения оказалась равной  $2,725 \pm 0,001$  К. Обнаружена также анизотропность излучения порядка  $10^{-4}$ - $10^{-5}$  К. Вопрос плотности энергии-массы осложняется тем обстоятельством, что суммарная масса наблюдаемой материи составляет менее 1% от критической. Наблюдения вращения галактик и скоплений галактик позволяет эту разницу довести до 10-25 %. Эту разницу назвали темной материей (не излучает и не поглощает, т.е. не наблюдается). Оставшиеся 75-90 % присвоили название темной энергии.

В то же время, очевидно, что наблюдаемая материя возникла из поля пространство-время. Хотя такое название поля не самое удачное, хорошее имя для любого объекта имеет большое значение для усвоения, если не сущности, то популяризации. Можно предложить такие названия как квантовый вакуум, скалярное поле и т.д.

Мнение С. Хокинга (S. Hawking) о том, что полная энергия Вселенной равна нулю, не убедительно. Известно, что вакуум участвует в действующих взаимодействиях – электромагнитном и гравитационном. Возникают понятия отрицательной энергии (раз есть положительная в виде галактик, звезд, планет и т.д.), массы, температуры по Кельвину. Это, разумеется, не доказательство, но основание для сомнения, хотя авторитет С. Хокинга слишком велик для отрицания его мнения.

Логично предположить, что до возникновения, т.е. до «Большого взрыва», энергетическое поле (квантовый вакуум, скалярное поле) существовало. Это можно было назвать «пустым» пространством или «пустой» Вселенной. По этой гипотезе можно вычислить плотность энергии-массы, исходя из факта практически близкой или даже равной критической. Учитывая, что поле равномерно в пространстве, по формуле Шварцшильда (K. Schwarzschild) имеем:  $R = \frac{2 \cdot G \cdot M}{c^2}$ , где  $R$  – гравитационный радиус сферы,  $m$ ;  $c$  – скорость света, равная  $3 \cdot 10^8$  м/с;  $M_V$

– масса, кг;  $G$  – гравитационная постоянная, которая равна  $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$ . Энергия-масса объема одного кубометра (радиуса  $R = 0,62 \text{ м}$ ) равна:

$$M_V = \frac{R \cdot c^2}{2G} = \frac{0,62 \cdot (3 \cdot 10^8)^2}{2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11}} = 4,18 \cdot 10^{26} \text{ кг}$$

Энергия, в свою очередь:  $E = M_V \cdot c^2 = 4,18 \cdot 10^{26} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 3,762 \cdot 10^{43} \text{ Дж/м}^3$ .

Кстати, факт постоянства скорости света в нашей Вселенной, измеренной с большой точностью, тоже является свойством поля данной Вселенной. Сценарий возникновения и развития Вселенной с образованием материальных объектов (фотоны, барионы, звезды, галактики и т.д.) в предположении, или даже по мнению основоположников современной космологии, таких как Эйнштейн, Фридман, Хокинг и др., приводит к мысли о сферической форме, т.е. Вселенная-пространство до возникновения наблюдаемых объектов тоже имела сферическую форму.

Другой логичной гипотезой является вращение Вселенной-пространства. Вращение свойственно всем известным объектам материи: ядрам (адронам), планетам, звездам, галактикам. Вращение создает центробежную силу, т.е. силу отталкивания, раздувания. Такую силу (силу отталкивания, антигравитации) в свою общую теорию относительности (ОТО) Эйнштейн ввел с целью создания модели стационарной Вселенной. Однако после открытия факта раздувания он отказался от этой идеи, назвав это своей ошибкой.

Исследование энергетического поля (квантовое поле, гравитационное поле) развивалось по нескольким направлениям, таким как квантовая гравитация, квантовая хромодинамика (КХД), теория суперструн, супергравитации. Определенные успехи достигнуты в электродинамике, электрослабом взаимодействии. КХД не включает гравитацию, электросильное взаимодействие (структура ядер, адронов), опирается в энергии порядка  $10^{15}$ - $10^{16}$  ГэВ. Включение гравитации в теорию (теорию суперобъединения) приведет к еще большим, по крайней мере, на несколько порядков, энергиям, например, до  $10^{28}$  ГэВ.

Экспериментальные исследования таких высоких энергий требует создания сложных и дорогостоящих инструментов: наземных и орбитальных телескопов, синхрофазотронов, большого коллайдера. Мощным средством теоретического исследования является математика, вооруженная суперкомпьютерами. Впечатляют достижения квантовой

метрологии: время до  $10^{-11}$  секунд, пиковольтметрия до  $10^{-14}$  В, пикоамперометрия до  $10^{-15}$  А, длин до  $10^{-11}$  м. Бурное развитие науки позволяет надеяться, что возможно если не полностью решить, то значительно приблизиться к решению законов возникновения, эволюции и судьбы Вселенной.

Традиционная классификация энергоресурсов от низкопотенциальных, таких как ветряная энергия, солнечная энергия, энергия биомассы до высокопотенциальных энергоносителей (нефть, природный газ, твердое топливо) не предусматривает энергии такого масштаба, как у Вселенной. Как следствие, появляются проблемы возможности хранения, измерения, перемещения этого энергоресурса.

Возникает тревожный вопрос: любое достижение науки и техники не всегда идет на цели создания благ, часто на создание средств разрушения. Атомная энергия – это не только электростанции, но и бомбы. Термоядерная энергия пока идет только на бомбы, использование ее в мирных делах не достигнуто.

Энергия квантового вакуума-поля на много порядков превосходит известные источники энергии. Такие уровни энергии опасны не только планете, солнечной системе, но и не благоприятны для развития живых организмов, разума и интеллекта. Энергоресурсы Вселенной, при общечеловеческих усилиях, могут стать альтернативой всем остальным источникам энергии. Новый геополитический этап приведет к объединению и интеграции всех стран планеты. Сохраним наш «Космический корабль-Земля» и сияние её гелиевой короны для будущих поколений.

#### Список литературы

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В., Экология. Человечество-Экономика-Биота-Среда. – М.: «ЮНИТИ», 2007. – 495 с.
2. Белов С.В., Морозова Л.Л., Сивков В.П. Безопасность жизнедеятельности. Ч. 1. – М.: ВАСОТ, 1992. – 616 с.
3. Кристофер де При, Алан Аксельрод: пер. с англ. М. Заболотских. Занимательная астрономия. Все тайны Вселенной. – М.: АСТ: Астрель, 2008. – 374 с.
4. Фейгин О. О. Поразительная Вселенная. – М.: Эксмо, 2011. – 288 с.
5. Хокинг С. Краткая история Вселенной. – СПб.: Амфора, 2010. – 496 с.

# ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Davtian L.L.**

*Dr. Pharm. Sciences, Professor,  
Head of the Department of Pharmaceutical Technology and biopharmatics of the  
NMAPO named after P. L. Shupyk*

**Khomych O.O.**

*Department of Pharmaceutical Technology and Biopharmacy department Shupyk  
National Medical Academy of Postgraduate Education*

**Biryukova S.V.**

*Dr. of medicine, professor  
Department of Clinical Immunology and Microbiology  
Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education*

**Voïda G.V.**

*Assistant professor, Department of Clinical Immunology and Microbiology  
Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education  
Kyiv, Ukraine*

## REASONING OF CONCENTRATIONS PRESERVATIVE IN THE COMPOSITION OF MEDICINAL SYRUP

*Key words: medicinal syrup, preservatives, antimicrobial activity, specific antimicrobial activity.*

**Introduction:** European pharmacopoeia is defined as liquids with sweet taste and high viscosity [4]. According to the State Pharmacopoeia of Ukraine, syrups are thick, transparent liquids containing one or more active substances dissolved in concentrated aqueous solutions of sucrose or other sugars. If necessary, antimicrobial preservatives, antioxidants, stabilizers, flavors, flavor additives and other excipients are added to the syrups [5] sorbic, nipagin, nipazole, benzoic acid and sodium benzoate. These preservatives are authorized for use in pharmaceutical technology. Therefore, we conducted microbiological studies to select the optimal concentration of a certain preservative.

**Research methods.** Tests of the antimicrobial activity of the preservative were carried out immediately after the production of syrup samples and during the shelf life of 12, 24 and 27 months.

Study of antimicrobial activity of investigated samples with preservatives was carried out by diffusion method in agar in modification of "wells". This method is based on the ability of the substances to diffuse into agar medium, which is pre-sown with the test culture. The level of antimicrobial activity of experimental samples was judged by the diameter of the zone of

growth retardation of microorganisms around the well. Absence of test-crop suppression zones around the wells up to 10 mm indicates the insensitivity of microorganisms to the drug; The growth retardation zone of test cultures with a diameter of 10 - 15 mm indicates a low sensitivity of the culture; zones with a diameter of 15 - 25 mm is evaluated as an indicator of microorganism sensitivity to the drug; and zones above 25 mm - high sensitivity of microorganisms to samples of the drug.

Measurement of the diameters of the zones of growth inhibition of test strains of microorganisms to an accuracy of 0.01 mm was carried out using an electronic dial caliper.

Specific antimicrobial activity of the drug was studied on a nutrient medium - soy-casein agar (SCA) on various test strains of microorganisms. Suspensions of microorganisms were prepared and their optical density at 550 nm was determined using a densitometer "Densimat" in units of McFarland, listing the obtained parameters (Table 1) for determining the concentration of bacterial suspension in CFU / ml.

**Table of correspondence of optical density in units**

Table 1.

**Table of correspondence of optical density in units of McFarland concentration of microorganisms**

| McFarland Standard (Digital Value on the device screen) Стандарт McFarland | Concentration of microorganisms in suspension, CFU × 10 <sup>8</sup> / ml | Optical cleavage at 550 nm |
|--|---|----------------------------|
| 0,5  | 1,5   | 0,125                      |
| 1,0  | 3,0   | 0,250                      |
| 2,0  | 6,0   | 0,500                      |
| 3,0  | 9,0   | 0,750                      |
| 4,0  | 12,0  | 1,000                      |
| 5,0  | 15,0  | 1,250                      |
| 6,0  | 18,0  | 1,500                      |
| 7,0  | 21,0  | 1,750                      |



The strains of the cultures were grown at 35 - 37 °C for 18-20 h in SKA, suspended in a saline solution, arranged a concentration of cells up to 109 CFU / ml, and prepared a series of 10-fold dilutions of up to 103 CFU / ml that were applied freshly prepared. In tabl. 2 shows the characteristic of SCA and physiological solution.

Table 2.

**List of nutrients used**

| No p/p | Name  | Series   | Expiration date | Producer             |
|--------|---|----------|-----------------|----------------------|
| 1      | Soy-casine agar (Tryptic soy agar Casein-peptone soymeal-peptone agar for microbiology) | VM641058 | 15.05.2019      | Merck KGaA (Germany) |
| 2      | Physiological solution (0.9% sodium chloride)   | 3230914  | 09.2018         | «Infusion» (Ukraine) |

The number of microorganisms in the suspension is confirmed simultaneously by the direct sowing method on Petri dishes with sterile nutrient medium of SKA, listing CU / ml. Each batch of prepared nutrient media was checked for sterility and growth properties. The appropriate molten agarized nutrient medium was cooled to 40 - 45 ° C, inoculated with the test strain of the microorganism at an optimal concentration of CuO / ml and placed in 20 ml of Petri dishes and left on a horizontal, even surface, until the agar was sealed. The number of vegetative cell suspensions was determined experimentally based on the following criteria: optimal growth of the test strain of the microorganism; presence of test-strain growth suppression zones.

In the frozen nutrient medium, using a sterile metallic punch with an internal diameter of 6 mm and an external diameter of 8 mm, they made holes in which an equal number of nasal lesions were injected through the dispenser.

After being introduced into the wells, the Petri dishes were kept at room temperature for 1 hour, then incubated at 36 ± 1 ° C for 18 to 24 hours.

**Discussion of research results.**

The results of the conducted research are presented in the table. 3

**The results of studies on the effect of various concentrations of preservatives on the antimicrobial activity of medicinal syrup (n = 5, P 95%)**

Table 3

**The results of studies on the effect of various concentrations of preservatives on the antimicrobial activity of medicinal syrup (n = 5, P 95%)**

| Expiration date, months | Conservational content | Test culture   |                 |                 |                 |                 |                 |
|-------------------------|------------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                         |                        | E. coli  | C.albicans      | P.aeruginosa    | S.aureus        | B.subtilis      | P.vulgaris      |
| I.                      | Sorbic acid            | Diameter of the zone of growth retardation of microorganisms, mm |                 |                 |                 |                 |                 |
| 1                       | 2                      | 3  | 4               | 5               | 6               | 7               | 8               |
| 0                       | 0,05                   | 12,0±0,1   | 13,0±0,1        | 15,3±0,1        | 16,0±0,2        | 11,5±0,3        | 10,0±0,2        |
|                         | <b>0,10</b>            | <b>23,4±0,2</b>  | <b>16,5±0,1</b> | <b>22,4±0,7</b> | <b>21,9±0,7</b> | <b>17,6±0,1</b> | <b>14,7±0,1</b> |
|                         | 0,15                   | 23,0±0,1   | 14,2±0,3        | 21,0±0,5        | 19,8±0,3        | 17,7±0,3        | 14,6±0,4        |
| 6                       | 0,05                   | 12,0±0,3   | 13,1±0,2        | 15,1±0,3        | 15,9±0,6        | 11,4±0,1        | 10,1±0,1        |
|                         | <b>0,10</b>            | <b>23,3±0,1</b>  | <b>16,7±0,3</b> | <b>22,5±0,3</b> | <b>22,1±0,2</b> | <b>17,4±0,3</b> | <b>14,8±0,2</b> |
|                         | 0,15                   | 22,9±0,5   | 14,1±0,1        | 21,2±0,4        | 19,7±0,2        | 17,6±0,2        | 14,4±0,2        |
| 12                      | 0,05                   | 11,8±0,1   | 13,0±0,3        | 15,2±0,2        | 16,1±0,1        | 11,4±0,2        | 10,0±0,3        |
|                         | <b>0,10</b>            | <b>23,3±0,4</b>  | <b>16,6±0,1</b> | <b>22,4±0,1</b> | <b>22,0±0,3</b> | <b>17,5±0,1</b> | <b>14,7±0,1</b> |
|                         | 0,15                   | 22,7±0,3   | 14,3±0,2        | 21,1±0,1        | 19,6±0,1        | 17,7±0,4        | 14,5±0,1        |
| 24                      | 0,05                   | 11,9±0,2   | 13,1±0,2        | 15,2±0,4        | 15,8±0,3        | 11,2±0,4        | 10,1±0,3        |
|                         | <b>0,10</b>            | <b>23,2±0,5</b>  | <b>16,4±0,2</b> | <b>22,3±0,3</b> | <b>21,6±0,2</b> | <b>17,7±0,3</b> | <b>14,6±0,1</b> |
|                         | 0,15                   | 23,0±0,2   | 14,1±0,1        | 20,8±0,3        | 19,7±0,2        | 17,8±0,1        | 14,7±0,1        |
| 27                      | 0,05                   | 11,7±0,1   | 13,2±0,1        | 15,3±0,2        | 15,7±0,2        | 11,1±0,1        | 10,2±0,4        |
|                         | <b>0,10</b>            | <b>23,3±0,1</b>  | <b>16,5±0,1</b> | <b>22,2±0,1</b> | <b>21,7±0,3</b> | <b>17,8±0,1</b> | <b>14,7±0,1</b> |
|                         | 0,15                   | 23,1±0,1   | 14,2±0,3        | 20,7±0,1        | 19,6±0,1        | 17,7±0,3        | 14,8±0,2        |

| 1            | 2                  | 3  | 4               | 5               | 6               | 7               | 8               |
|--------------|--------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| D., months   | Nipagin / Nipazole | Diameter of the zone of growth retardation of microorganisms, mm |                 |                 |                 |                 |                 |
| 0            | <b>0,12/0,04</b>   | <b>23,0±0,3</b>  | <b>14,5±0,2</b> | <b>22,0±0,1</b> | <b>25,0±0,4</b> | <b>24,8±0,3</b> | <b>18,9±0,3</b> |
|              | 0,06/0,02          | 22,0±0,4   | 9,0±0,2         | 18,1±0,2        | 23,5±0,4        | 19,2±0,3        | 14,1±0,1        |
| 6            | <b>0,12/0,04</b>   | <b>21,0±0,3</b>  | <b>14,0±0,1</b> | <b>21,0±0,4</b> | <b>25,0±0,1</b> | <b>24,5±0,1</b> | <b>18,8±0,3</b> |
|              | 0,06/0,02          | 18,0±0,2   | 8,9±0,1         | 18,0±0,3        | 23,1±0,4        | 19,1±0,2        | 14,0±0,1        |
| 12           | <b>0,12/0,04</b>   | <b>20,0±0,3</b>  | <b>12,0±0,2</b> | <b>22,0±0,3</b> | <b>25,0±0,4</b> | <b>23,5±0,3</b> | <b>18,8±0,3</b> |
|              | 0,06/0,02          | 18,1±0,1   | 8,9±0,1         | 18,0±0,2        | 23,1±0,3        | 19,2±0,3        | 14,0±0,1        |
| 24           | <b>0,12/0,04</b>   | <b>21,0±0,4</b>  | <b>12,4±0,1</b> | <b>21,0±0,4</b> | <b>23,0±0,3</b> | <b>23,1±0,4</b> | <b>18,3±0,1</b> |
|              | 0,06/0,02          | 20,0±0,4   | 8,0±0,1         | 18,0±0,3        | 21,0±0,4        | 19,2±0,4        | 13,9±0,1        |
| 27           | <b>0,12/0,04</b>   | <b>20,0±0,4</b>  | <b>12,1±0,3</b> | <b>19,0±0,1</b> | <b>19,0±0,3</b> | <b>22,1±0,4</b> | <b>17,1±0,2</b> |
|              | 0,06/0,02          | 20,0±0,3   | 8,0±0,1         | 18,0±0,2        | 21,0±0,2        | 19,1±0,2        | 13,1±0,1        |
| III., months | Benzoic Acid       | Diameter of the zone of growth retardation of microorganisms, mm |                 |                 |                 |                 |                 |
| 0            | 0,05               | 11,0±0,1   | 12,0±0,2        | 14,3±0,2        | 15,0±0,2        | 10,5±0,3        | 9,0±0,2         |
|              | 0,10               | 21,7±0,3   | 14,0±0,3        | 21,0±0,2        | 20,2±0,3        | 15,3±0,2        | 13,2±0,2        |
|              | <b>0,15</b>        | <b>22,3±0,2</b>  | <b>22,0±0,3</b> | <b>21,5±0,1</b> | <b>20,1±0,5</b> | <b>17,0±0,3</b> | <b>14,0±0,2</b> |
| 3            | 0,05               | 11,1±0,1   | 11,7±0,2        | 14,3±0,2        | 15,0±0,2        | 10,5±0,3        | 9,0±0,2         |
|              | 0,10               | 22,0±0,3   | 13,9±0,1        | 21,1±0,2        | 20,1±0,1        | 15,1±0,1        | 13,3±0,3        |
|              | <b>0,15</b>        | <b>22,4±0,1</b>  | <b>14,1±0,2</b> | <b>21,3±0,2</b> | <b>20,0±0,1</b> | <b>17,1±0,2</b> | <b>14,1±0,1</b> |
| 6            | 0,05               | 10,0±0,2   | 12,0±0,2        | 14,0±0,1        | 15,0±0,1        | 10,5±0,1        | 9,0±0,1         |
|              | 0,10               | 21,0±0,3   | 15,0±0,2        | 20,0±0,4        | 20,1±0,4        | 15,5±0,1        | 13,1±0,2        |
|              | <b>0,15</b>        | <b>20,0±0,2</b>  | <b>14,0±0,5</b> | <b>21,3±0,3</b> | <b>20,1±0,3</b> | <b>17,0±0,1</b> | <b>14,0±0,1</b> |
| 12           | 0,05               | 11,1±0,2   | 11,0±0,2        | 14,0±0,2        | 15,0±0,2        | 10,1±0,1        | 9,0±0,1         |
|              | 0,10               | 20,0±0,3   | 13,0±0,4        | 21,0±0,4        | 20,1±0,4        | 15,1±0,1        | 13,1±0,2        |
|              | <b>0,15</b>        | <b>21,0±0,4</b>  | <b>12,0±0,5</b> | <b>21,5±0,4</b> | <b>20,1±0,1</b> | <b>17,0±0,1</b> | <b>14,0±0,1</b> |
| 24           | 0,05               | 10,0±0,1   | 11,0±0,1        | 14,0±0,1        | 15,0±0,1        | 10,1±0,1        | 8,8±0,1         |
|              | 0,10               | 20,0±0,3   | 13,0±0,1        | 20,0±0,4        | 20,0±0,1        | 15,1±0,1        | 13,0±0,1        |
|              | 0,15               | 21,0±0,3   | 12,0±0,1        | 20,0±0,3        | 20,1±0,4        | 17,0±0,1        | 13,8±0,1        |
| 27           | 0,05               | 8,0±0,1  | 10,0±0,2        | 13,0±0,3        | 14,0±0,3        | 10,1±0,1        | 8,1±0,1         |
|              | 0,10               | 19,0±0,4   | 12,5±0,1        | 20,0±0,3        | 19,0±0,3        | 15,0±0,3        | 13,0±0,3        |
|              | <b>0,15</b>        | <b>20,0±0,3</b>  | <b>12,0±0,3</b> | <b>19,0±0,1</b> | <b>20,0±0,2</b> | <b>16,0±0,3</b> | <b>13,1±0,2</b> |
| IV., months  | Sodium benzoate    | Diameter of the zone of growth retardation of microorganisms, mm |                 |                 |                 |                 |                 |
| 0 mic        | 0,05               | 10,7±0,1   | 12,1±0,2        | 13,1±0,2        | 14,2±0,2        | 10,2±0,3        | 9,4±0,2         |
|              | 0,10               | 18,7±0,1   | 14,5±0,3        | 21,2±0,2        | 20,1±0,2        | 15,1±0,1        | 12,7±0,2        |
| 1            | 2                  | 3  | 4               | 5               | 6               | 7               | 8               |
| 0            | <b>0,15</b>        | <b>21,7±0,3</b>  | <b>19,8±0,2</b> | <b>21,7±0,3</b> | <b>21,6±0,4</b> | <b>17,2±0,1</b> | <b>15,2±0,2</b> |
| 3            | 0,05               | 10,9±0,2   | 12,3±0,1        | 12,8±0,1        | 14,1±0,1        | 10,0±0,5        | 9,8±0,1         |
|              | 0,10               | 18,8±0,2   | 14,7±0,2        | 21,4±0,2        | 20,2±0,3        | 15,0±0,2        | 12,6±0,1        |
|              | <b>0,15</b>        | <b>21,6±0,1</b>  | <b>19,7±0,3</b> | <b>21,5±0,4</b> | <b>21,8±0,1</b> | <b>17,0±0,2</b> | <b>15,4±0,3</b> |
| 6            | 0,05               | 10,3±0,1   | 11,8±0,3        | 12,8±0,1        | 13,9±0,3        | 10,1±0,1        | 9,3±0,1         |
|              | 0,10               | 18,5±0,1   | 14,4±0,1        | 21,0±0,1        | 19,4±0,1        | 15,3±0,2        | 12,5±0,4        |
|              | <b>0,15</b>        | <b>21,6±0,2</b>  | <b>19,7±0,5</b> | <b>21,2±0,6</b> | <b>21,7±0,1</b> | <b>17,0±0,3</b> | <b>15,1±0,1</b> |
| 12           | 0,05               | 10,1±0,4   | 11,9±0,2        | 12,5±0,3        | 13,3±0,1        | 10,2±0,2        | 9,4±0,2         |
|              | 0,10               | 18,7±0,4   | 14,3±0,2        | 19,8±0,1        | 19,1±0,1        | 15,2±0,1        | 12,1±0,3        |
|              | <b>0,15</b>        | <b>21,3±0,1</b>  | <b>19,2±0,4</b> | <b>21,0±0,1</b> | <b>21,6±0,1</b> | <b>16,9±0,1</b> | <b>15,2±0,1</b> |
| 24           | 0,05               | 10,1±0,1   | 11,2±0,1        | 12,3±0,1        | 13,0±0,1        | 10,1±0,3        | 9,3±0,1         |
|              | 0,10               | 18,5±0,1   | 13,8±0,1        | 19,5±0,3        | 18,8±0,2        | 14,6±0,5        | 12,1±0,1        |
|              | 0,15               | <b>20,2±0,3</b>  | <b>18,9±0,2</b> | <b>20,0±0,2</b> | <b>21,0±0,4</b> | <b>16,1±0,1</b> | <b>15,0±0,1</b> |
| 27           | 0,05               | 9,8±0,2  | 11,1±0,1        | 12,1±0,1        | 13,6±0,5        | 10,1±0,1        | 9,1±0,1         |
|              | 0,10               | 18,1±0,2   | 13,1±0,1        | 12,0±0,1        | 18,5±0,1        | 14,4±0,3        | 12,0±0,1        |
|              | <b>0,15</b>        | <b>19,7±0,1</b>  | <b>19,0±0,1</b> | <b>19,6±0,4</b> | <b>19,8±0,3</b> | <b>16,1±0,2</b> | <b>14,9±0,1</b> |

The results of antimicrobial activity of preservatives (Table 3) showed that the optimum for sorbic acid is a concentration of 0.1%; for nipagin / nipazole

/ 0.04%; benzoic acid - 0, 15%; Sodium benzoate - 0.15%.

A comparative analysis of data indicates that sorbic acid, in contrast to nipagin / nipazole, benzoic

acid, sodium benzoate, exhibits more pronounced antimicrobial activity. Since there is no significant difference in the diameters of the growth retardation band for sorbic acid at concentrations of 0.1 and 0.15%, it is advisable to use 0.1% sorbic acid content in order to ensure the antimicrobial stability of the syrup when stored for 27 months [6]. Thus, based on the performed comprehensive researches, we substantiated the composition of auxiliary substances of medicinal syrup: xylitol 30; fructose 40; agar 1; citric acid 1; glycerin 5; sorbitol acid 0,1; water purified to 100.

#### Reference:

1. Gladukh Y.V., Ruban O.A., Sajko I.V., Chuyeshov V.I., Lyapunova O., O.Sichkar A.A., in. Promy'slova tekhnologiya likars'ky`x zasobiv: bazovy`j pidruchny`k. Xarkiv: Nacz. farmacz un-t MOZ Ukrayiny`; 2016 631 s.

2. Davtian L. L. , Khomych O. O. Likarskyj zasib u formi syropu dlya oralnogo zastosuvannya shyrokogo spektru diyi. Patent na vynaxid Ukrayina № 117416 MPK (2018.01) Nomer zayavky: a 2017

02903; Data podannya zayavky: 27.03.2017; Data, z yakoyi ye chy`nny`my` prava na vy`nadix: 25.07.2018

3. Derzhavnyj departament z kontrolyu za yakistyu, bezpekoyu ta vyrobnyctvom likarskyx zasobiv i vyrobiv medychnogo pry znachennya. Derzhavna farmakopeya Ukrayiny: vved. v diyu z 1 zhovt. 2001 r. 1-e vyd. Xarkiv: Rireg; 2001. 531 s.

4. Mykytyuk O.P. Osteoartroz: poglyad na problemu kriz pryzmu xronopatologiyi ta xronomedycyny. Klin. ta eksperym. patologiya. 2018;17(3):168s.

5. Sheryakova Yu.A, Xyshova O.M. Podslastytely v syropax u y`x karakterystyka. Vestn. farmacyu. 2014;(2):106s.

6. Khomych O. O. , Davtyan L. L. Vybir konservantu dlya likarskogo syropu. Vseukrayinska naukovo-praktychna konferenciya «Aktualni pytannya suchasnoyi medycyny i farmaciyi» (do 50-richchya zasnuvannya zdmu). Tezy dopovidej 18 – 25 kvitnya 2018 r. 30 travnya 2018 r. 180 s

УДК615.451.16.

*директор научно-производственного отделения готовых лекарственных средств ЗАО «ЭКОлаб»  
(142530, Россия, Московская область, г. Электрогорск, ул. Буденного, д.1)  
старший преподаватель кафедры фармакологии и фармацевтических дисциплин  
ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет»*

**Марданлы С.Г.**

*д. м. н., профессор кафедры фармакологии и фармацевтических дисциплин  
ГОУ ВО МО «Государственный гуманитарно-технологический университет»  
директор по науке ЗАО «ЭКОлаб»*

**Мизина П.Г.**

*д. фарм. н., профессор, заместитель директора по научной работе ФГБНУ ВИЛАР*

## НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВАЛЕРИАНЫ НАСТОЙКИ

**Аннотация.** В работе рассмотрены особенности, пути оптимизации технологии получения настойки из корневищ и корней валерианы. Изучены показатели качества настойки в зависимости от использованного экстрагента и режима экстракции. Установлено, что наиболее рациональным является получение настойки, с использованием метода модифицированной дробной мацерации используя в качестве экстрагента этиловый спирт 95% или 70%, а затем воду очищенную.

**Ключевые слова:** валерианы настойка, перколяция, мацерация, модифицированная дробная мацерация, экстрагент, высокоэффективная жидкостная хроматография.

### ВВЕДЕНИЕ

Лекарственные препараты в форме настоек на основе лекарственного растительного сырья давно вошли в лечебную практику, как препараты с мягким терапевтическим действием, не токсичные, практически не имеющие побочных действий. Во многом терапевтическое действие объясняется наличием биологически активных веществ (БАВ) различной природы. Не ослабевающий интерес к фитотерапии стимулирует расширение и обновление ассортимента растительных лекарственных препаратов путем совершенствования технологии их получения и разработки новых составов [1, 2, 3, 4, 5, 6]. При этом существенным недостатком настоек является присутствие этилового спирта.

Целью данной работы было изучение возможности снижения концентрации этилового спирта, в

лекарственном препарате «Валерианы настойка» без изменения качества и терапевтического действия данного препарата.

В химическом составе корней и корневищ валерианы выделяют более 100 различных компонентов [4, 7, 8]. Большинство биологически активных веществ содержится в эфирном масле, количество которого в высушенном сырье составляет от 0,5 до 2% . В состав эфирного масла входят: валериано-борнеоловый эфир, борнеол, борнеоловые эфиры муравьиной, масляной и уксусной кислот, бициклические монотерпены, пинены, сесквитерпены, кетоны, кессиловый спирт – проазулен. Наиболее значимыми компонентами являются изовалериановая кислота, борнеол, бициклические монотерпены, дубильные вещества, полисахариды, сапонины, валепотриаты и алкалоиды (актинидин – оказывающих

возбуждающее действие на кошек, валерин, хатинин) [7, 8, 9, 10, 11, 12].

В валериане выделяют 10 разных валепотриатов, которые обеспечивают легкий спазмолитический эффект препаратов. Седативное действие на центральную нервную систему оказывают алкалоиды, смолы и некоторые другие вещества. Свойство валерианы расширять сосуды и влиять на коронарное кровообращение обеспечивают гликозиды и борнеол. Органические кислоты обеспечивают желчегонный эффект. Также в экстракте растения выделяют много макро- и микроэлементов: железо, кальций, магний, цинк, калий, селен и другие [13, 14, 15].

В настойке валерианы определяют, как и в растительном сырье, качественно содержание сложных эфиров карбоновых кислот и количественно содержание сложных эфиров карбоновых кислот в пересчете на этиловый эфир кислоты валереновой,

которые обуславливают фармакологический (терапевтический) эффект [15, 16, 17, 18, 19, 20].

При сравнении признанного фармакологического действия и показаний к применению настоек и настоев из лекарственного растительного сырья [21, 22, 23] можно сделать вывод: при смене экстрагента (этиловый спирт и вода) фармакологическое действие и показания к применению остается идентичным. Следовательно, можно прогнозировать, что снижение концентрации этилового спирта при производстве настоек не приведет к значимому изменению фармакологического действия.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве сырья использовали измельченное сырье корневищ и корней валерианы, соответствующие требованиям ГФ XIV ФС.2.5.0009.15 «Валерианы лекарственной корневища с корнями» (таб. 1).

Таблица 1

#### Показатели качества исходного растительного сырья

| Наименование показателей   | Норма по ФС.2.5.0009.15 | Результат анализа |
|--|-------------------------|-------------------|
| Экстрактивных веществ извлекаемых 70% этиловым спиртом           | Не менее 25,0 %         | 35,4±1,77         |
| Влажность  | Не более 15,0 %         | 8,1±0,4           |
| Зола общая   | Не более 14,0 %         | 8,7±0,4           |
| Сумма сесквитерпеновых кислот в пересчете на валереновую кислоту | Не менее 0,12 %         | 0,31±0,02         |

Образцы настоек получали методом мацерации, перколяции и модифицированной дробной мацерации с использованием в качестве экстрагента этиловый спирт 95%, 70%, 40% и воду очищенную. Испытания настоек проводили в соответствии с требованиями нормативной документации [24]. Проведена статистическая обработка результатов контроля показателей качества спиртовых настоек, приготовленных методами мацерации, дробной мацерации этиловым спиртом и водой очищенной, перколяции в соответствии с ОФС.1.1.0013.15 [21].

Использовали метод ВЭЖХ для подтверждения наличия в испытуемых настойках валереновой кислоты.

Условия хроматографирования. Хроматограф «SIMADZU LC-20 AD/T LPGE KIT» (Япония). Колонка ZORBAX SB-C18 4,6x250 mm 5-Mikron, наполнитель октадецилсиликагель. Температура колонки 25°C. Объем вводимой пробы 10 мкл. Скорость потока подвижной фазы 1,0 мл/мин.

Подвижная фаза: раствор ортофосфорной кислоты, pH=2,4 : ацетонитрил (35:65).

Приготовление раствора стандартного образца (СО) валереновой кислоты. Около 0,015 г (точная навеска) валереновой кислоты (CAS: 3569-01-6), помещают в мерную колбу на 50 мл, добавляют 20 мл спирта этилового 95%, перемешивают до полного растворения, доводят объем этанолом до метки и перемешивают.

Приготовление испытуемого раствора: 5 мл настойки, помещают в мерную колбу на 50 мл, добавляют 20 мл спирта этилового 95%, доводят объем раствора до метки, перемешивают, фильтруют.

Проведение анализа. Последовательно хроматографируют раствор СО валереновой кислоты и испытуемые растворы, проводя детектирование при 210 нм. Время удерживания валереновой кислоты около 12,7 мин.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Во всех образцах настоек методом ВЭЖХ подтверждено наличие валереновой кислоты. Полученные хроматограммы приведены на рис. 1-7.

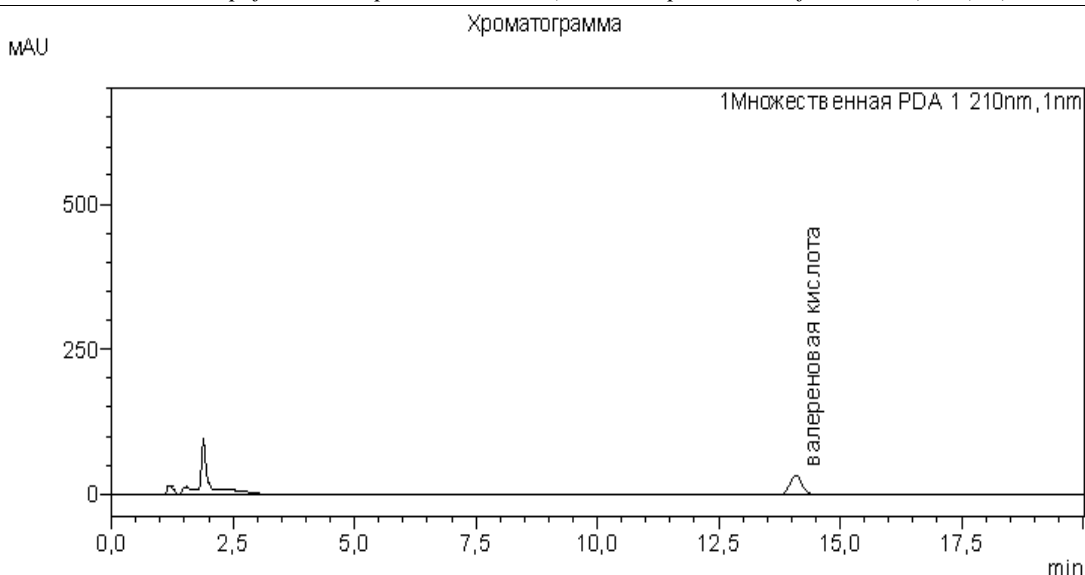


Рисунок 1. Хроматограмма раствора СО валериановой кислоты

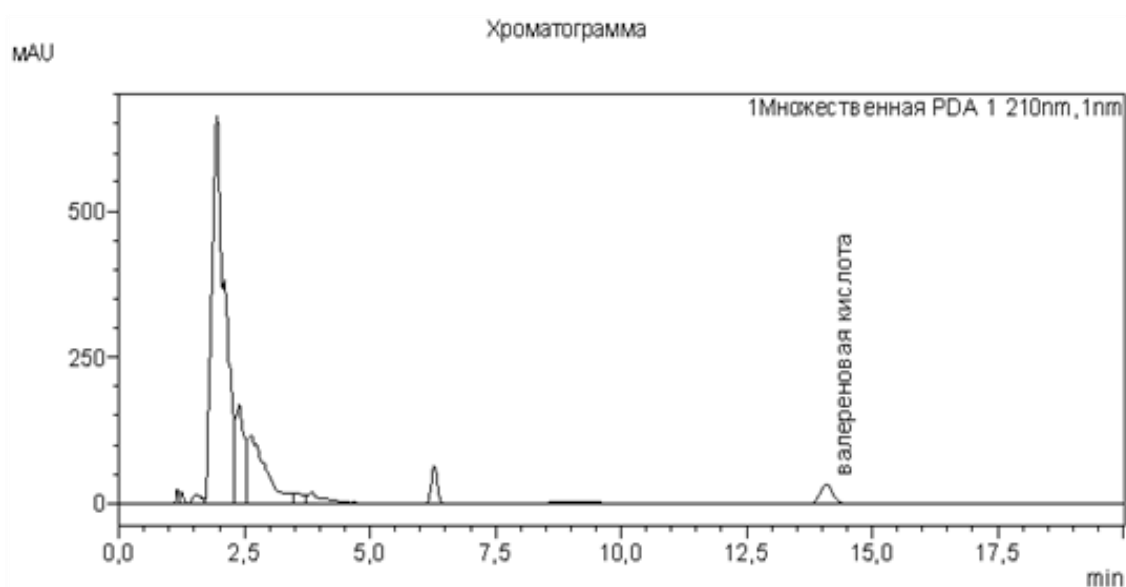


Рисунок 2. Хроматограмма валерианы настойки, полученной методом мацерации этиловым спиртом 70% (70МВ)

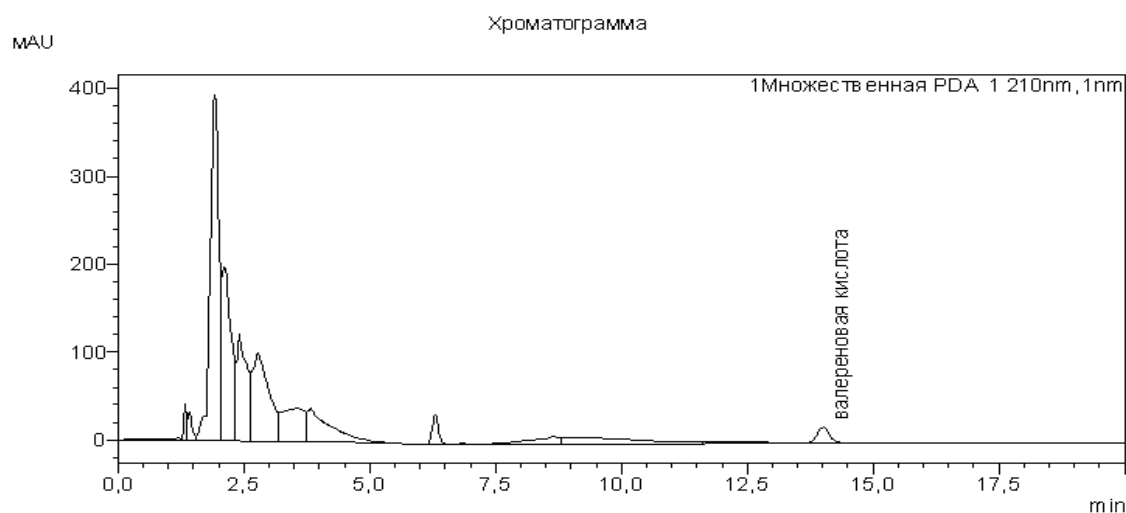


Рисунок 3. Хроматограмма валерианы настойки, полученной методом мацерации этиловым спиртом 40 % (40МВ)

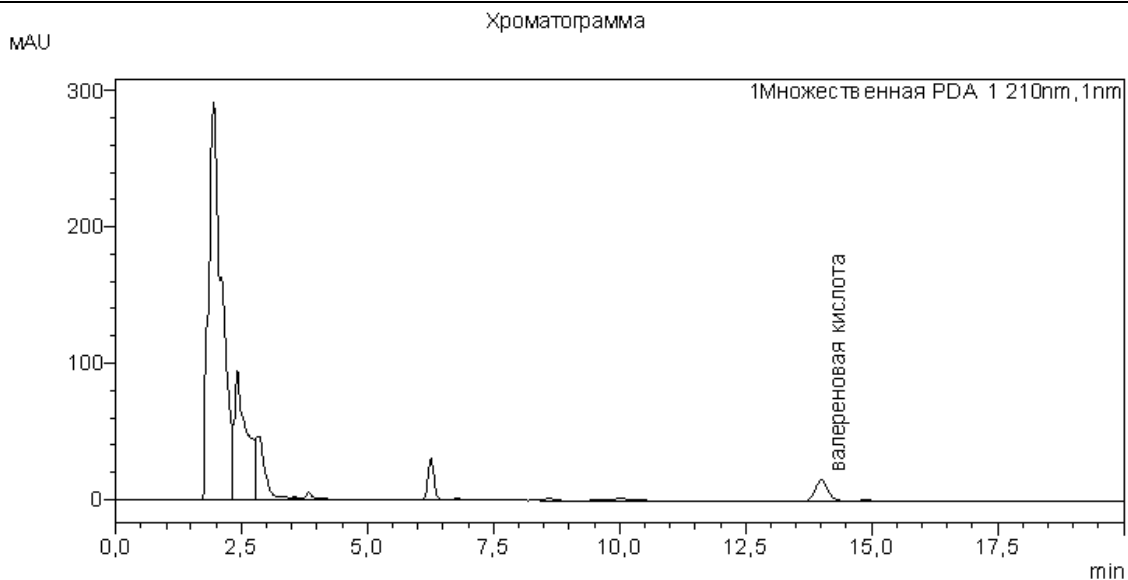


Рисунок 4. Хроматограмма валерианы настойки, полученной методом перколяции этиловым спиртом 70 % (70ПВ)

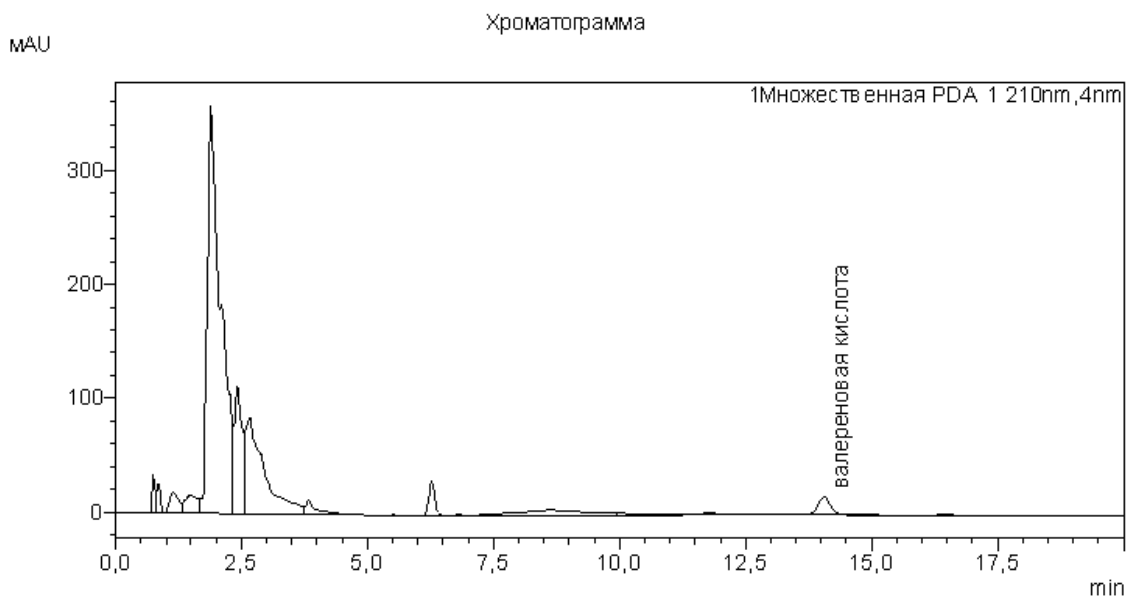


Рисунок 5. Хроматограмма валерианы настойки, полученной методом перколяции этиловым спиртом 40 % (40ПВ)

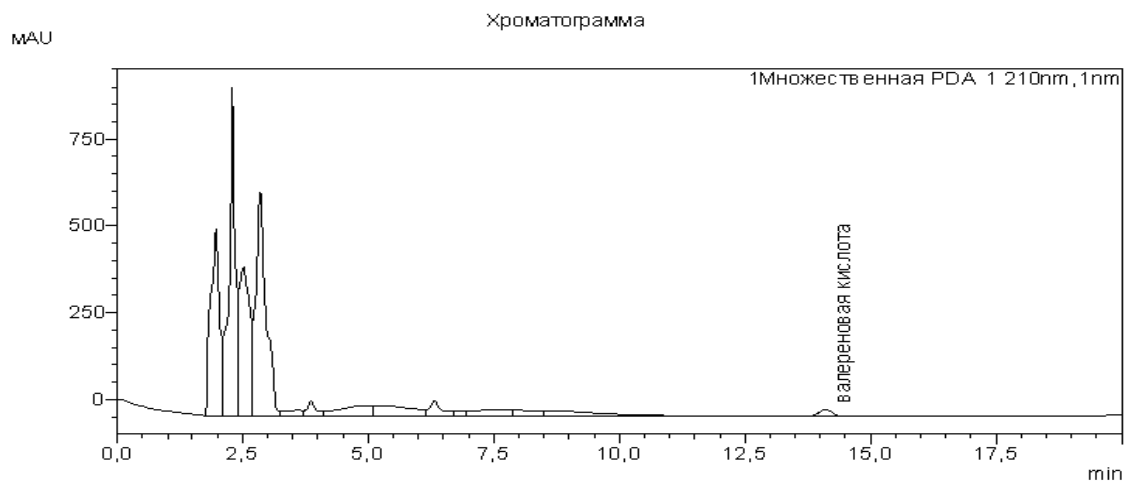


Рисунок 6. Хроматограмма валерианы настойки, полученной методом модифицированной дробной мацерации последовательно этиловым спиртом 95% и водой очищенной (65ДМВ)



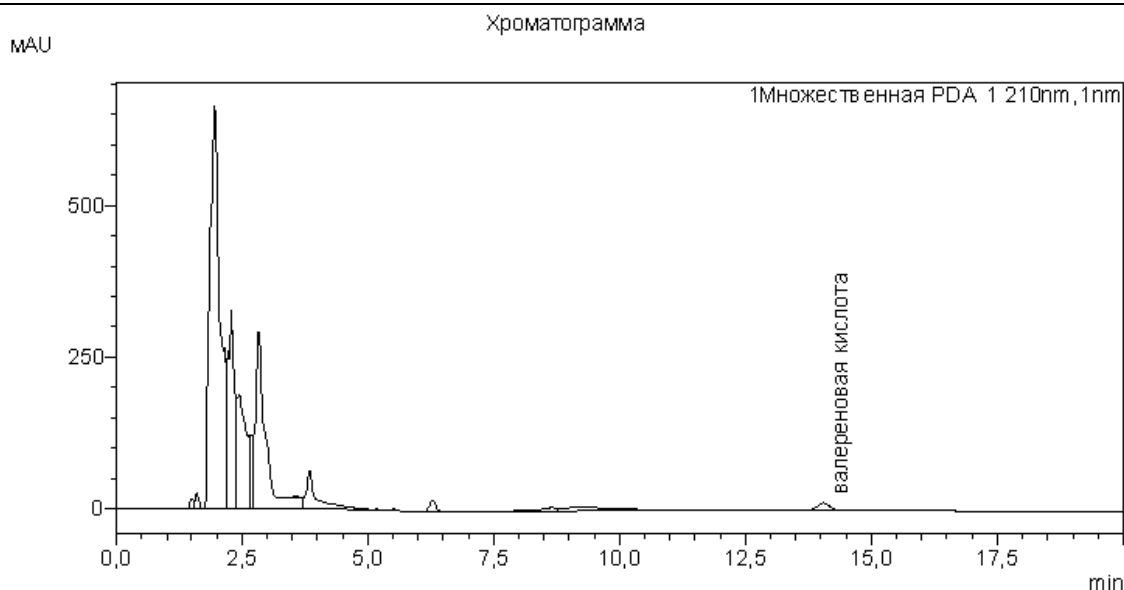


Рисунок 7. Хроматограмма валерианы настойки, полученной методом модифицированной дробной мацерации последовательно этиловым спиртом 70% и водой очищенной (35ДМВ)

В образцах настоек, полученных методом мацерации и перколяции, наблюдается уменьшение содержания сложных эфиров ниже минимального предельного значения, но увеличение сухого остатка при снижении концентрации спирта этилового в экстрагенте до 20%.

В образцах настоек, полученных методом модифицированной дробной мацерации, наблюдается увеличение сухого остатка при снижении концентрации спирта, при этом содержание сложных эфиров выше, чем у настоек полученных методом мацерации и перколяции (таб. 3).

Таблица 3.

**Сводная таблица показателей качества валерианы настойки**

| Номер образца | Описание (прозрачная жидкость от коричневого до красно-коричневого цвета характерного ароматного запаха) | Содержание сухого остатка (не менее 3,0 %) | Содержание спирта, (не менее 65 %) | Подлинность | Содержание сложных эфиров (не менее 0,3 %) | Микробиологическая чистота (категория 3Б) |
|---------------|--|--|------------------------------------|-------------|--|---|
| 01/70 М В*    | прозрачная жидкость красно-коричневого цвета характерного ароматного запаха                              | 3,82±0,34                                  | 68±0,8                             | Соотв.      | 0,64±0,06                                  | Соотв.                                    |
| 02/70 М В     |  | 3,38±0,34                                  | 68±0,8                             | Соотв.      | 0,54±0,06                                  | Соотв.                                    |
| 03/70 М В     |  | 3,30±0,34                                  | 67±0,8                             | Соотв.      | 0,62±0,06                                  | Соотв.                                    |
| 04/70 М В     |  | 3,20±0,34                                  | 69±0,8                             | Соотв.      | 0,68±0,06                                  | Соотв.                                    |
| 05/70 М В     |  | 3,00±0,34                                  | 68±0,8                             | Соотв.      | 0,61±0,06                                  | Соотв.                                    |
| 01/40 М В     | прозрачная жидкость красно-коричневого цвета характерного ароматного запаха                              | 4,70±0,24                                  | 38±0,5                             | Соотв.      | 0,42±0,06                                  | Соотв.                                    |
| 02/40 М В     |  | 4,32±0,24                                  | 38±0,5                             | Соотв.      | <b>0,28±0,06</b>                           | Соотв.                                    |
| 03/40 М В     |  | 4,28±0,24                                  | 38±0,5                             | Соотв.      | 0,31±0,06                                  | Соотв.                                    |
| 04/40 М В     |  | 4,12±0,24                                  | 37±0,5                             | Соотв.      | 0,34±0,06                                  | Соотв.                                    |
| 05/40 М В     |  | 4,40±0,24                                  | 38±0,5                             | Соотв.      | 0,32±0,06                                  | Соотв.                                    |
| 01/70 П В**   | прозрачная жидкость красно-коричневого цвета характерного ароматного запаха                              | 3,32±0,20                                  | 67±1                               | Соотв.      | 0,58±0,02                                  | Соотв.                                    |
| 02/70 П В     |  | 3,48±0,20                                  | 66±1                               | Соотв.      | 0,61±0,02                                  | Соотв.                                    |
| 03/70 П В     |  | 3,39±0,20                                  | 67±1                               | Соотв.      | 0,57±0,02                                  | Соотв.                                    |
| 04/70 П В     |  | 3,14±0,20                                  | 67±1                               | Соотв.      | 0,57±0,02                                  | Соотв.                                    |
| 05/70 П В     |  | 3,61±0,20                                  | 65±1                               | Соотв.      | 0,55±0,02                                  | Соотв.                                    |
| 01/40 П В     | прозрачная жидкость красно-коричневого цвета характерного ароматного запаха                              | 4,11±0,41                                  | 36±0,8                             | Соотв.      | 0,35±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 02/40 П В     |  | 3,97±0,41                                  | 37±0,8                             | Соотв.      | 0,33±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 03/40 П В     |  | 3,88±0,41                                  | 37±0,8                             | Соотв.      | 0,37±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 04/40 П В     |  | 3,22±0,41                                  | 38±0,8                             | Соотв.      | 0,39±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 05/40 П В     |  | 3,45±0,41                                  | 37±0,8                             | Соотв.      | 0,31±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 01/65 МДМВ*** | прозрачная жидкость красно-к-  | <b>2,94±0,12</b>                           | 69±0,6                             | Соотв.      | 0,55±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 02/65МДМВ     |  | 3,18±0,12                                  | 68±0,6                             | Соотв.      | 0,64±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 03/65МДМВ     |  | 3,16±0,12                                  | 69±0,6                             | Соотв.      | 0,59±0,04                                  | Соотв.                                    |

| Номер образца | Описание (прозрачная жидкость от коричневого до красно-коричневого цвета характерного ароматного запаха) | Содержание сухого остатка (не менее 3,0 %) | Содержание спирта, (не менее 65 %) | Подлинность | Содержание сложных эфиров (не менее 0,3 %) | Микробиологическая чистота (категория 3Б) |
|---------------|--|--|------------------------------------|-------------|--|---|
| 04/65МДМВ     | ричного цвета характерного ароматного запаха   | 3,21±0,12                                  | 69±0,6                             | Соотв.      | 0,55±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 05/65МДМВ     |  | 3,11±0,12                                  | 68±0,6                             | Соотв.      | 0,61±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 01/35МДМВ     | прозрачная жидкость красно-коричневого цвета характерного ароматного запаха                              | 5,14±0,12                                  | 39±0,6                             | Соотв.      | 0,51±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 02/35МДМВ     |  | 5,14±0,12                                  | 38±0,5                             | Соотв.      | 0,52±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 03/35МДМВ     |  | 4,96±0,12                                  | 39±0,5                             | Соотв.      | 0,49±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 04/35МДМВ     |  | 5,05±0,12                                  | 39±0,5                             | Соотв.      | 0,47±0,04                                  | Соотв.                                    |
| 05/35МДМВ     |  | 4,89±0,12                                  | 39±0,5                             | Соотв.      | 0,44±0,04                                  | Соотв.                                    |

\* - образцы валерианы настойки, полученные методом мацерации (МВ);

\*\* - образцы валерианы настойки, полученные методом перколяции (ПВ);

\*\*\* - образцы валерианы настойки, полученные методом модифицированной дробной мацерации (МДМВ).

## ВЫВОДЫ

1. Настойки, приготовленные методом мацерации, перколяции и модифицированной дробной мацерации с содержанием спирта не менее 65% имеют практически одинаковые количественные показатели.

2. Изготовленные настойки методом модифицированной дробной мацерации экстрагентом разной концентрации с содержанием спирта не более 35% по показателю «Сухой остаток» превосходят настойки, полученные на 40% этиловом спирте методами мацерации и перколяции.

3. Изготовленные настойки методом модифицированной дробной мацерации экстрагентом разной концентрации с содержанием спирта не более 35% по показателю «Содержание сложных эфиров» выше, чем в настойках, полученных на 40% этиловом спирте методом мацерации и перколяции.

4. Для растительного сырья корней и корневищ валерианы оптимальным методом получения настойка является метод модифицированной дробной мацерации этиловым спиртом и водой очищенной с получением в готовом препарате содержание спирта этилового не менее 35%.

5. В образцах настоек, полученных методом модифицированной дробной мацерации, наблюдается увеличение количества сухого остатка при снижении концентрации спирта, при этом содержание сложных эфиров выше, чем у настоек, полученных методом мацерации и перколяции.

Таким образом, полученные результаты контроля количественных и качественных показателей настоек, изготовленных разными методами и с использованием спирта этилового разной концентрации, свидетельствуют о том, что наиболее оптимальной технологией получения настойки валерианы является метод модифицированной дробной мацерации с концентрацией этилового спирта в готовом продукте не менее 65%. Данный метод позволяет, при сопоставимых количественных показателях с методом мацерации, оптимизировать технологический процесс и снизить себестоимость настойки.

Метод модифицированной дробной мацерации с концентрацией этилового спирта в готовом продукте не менее 35% имеет неплохие количественные показатели, но по показателю «Содержание сложных эфиров» все же уступает методам мацерации и дробной мацерации с концентрацией этилового спирта в готовом продукте не менее 65%.

## Список литературы

1. Николашкин А. Н., Веснов И. Г., Селезнев Н. Г., Попов Д. М. 2010. «Оптимизация процесса экстрагирования в производстве настойки сушенницы топяной» Рос. мед.-биол. вестн. им. акад. И. П. Павлова. №4. - С. 153-157.
2. Соболева С. В., Ченцова Л. И., Почкутов И. С. 2012. «Оптимизация получения биологически активных веществ водно-спиртовых экстрактов коры осины» Вестник КрасГАУ. - №9. С. 215-218.
3. Куркин В. А., Петрухина И. К. 2014. «Актуальные аспекты создания импортозамещающих лекарственных растительных препаратов» Фундаментальные исследования. - № 11-2. С. 366-371.
4. Помазанов В. В., Марданлы С. Г., Рогожникова Е. П., Киселёва В. А. 2016. «Введение в галенику: монография» Орехово-Зуево: Редакционно-издательский отдел ГГТУ, - С. 356.
5. Рогожникова Е. П., Марданлы С. Г., Мизина П. Г. 2017. «Влияние способа экстрагирования и типа экстрагента на показатели качества настоек плодов боярышника» Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. Т. 20. - № 10. С. 3-6.
6. Рогожникова Е. П., Марданлы С. Г., Мизина П. Г. 2017. «Влияние способа экстрагирования и типа экстрагента на показатели качества настоек из цветков ноготков» Разработка и регистрация лекарственных средств. № 4 (21). С. 72-76.
7. Панченко С. В., Забелина С. К., Фурса Н. С. 2014. «Изучение компонентного состава эфирного масла *Valeriana officinalis* L. S. L., произрастающей в Закарпатье» Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация, - №2 - С.115-120.

8. Шкроботько П. Ю., Парфенов А. А., Демянчук Т. А. и др. 2004. «Макро- и микроэлементы европейских и азиатских образцов валерианы лекарственной» Естествознание и гуманизм: Сборник научных работ. Томск: СибГМУ, Т.1, №2. С. 71-75.
9. Монографии ВОЗ о лекарственных растениях, широко используемых в Новых независимых государствах (ННГ) / Всемирная организация здравоохранения, 2010. С. 464.
10. Хишова О. М., 2015. «Изучение острой токсичности и переносимости комбинированного фитопрепарата на основе валерианы, пустырника и боярышника» Рецепт - 2(100) - С.129-136.
11. Хишова О. М., Щербинин И. Ю., Дубашинская Н. В., 2013. «О перспективах совершенствования таблеток экстракта валерианы лекарственной» Рецепт. №5. С.119-126.
12. Хишова О. М., Дубашинская Н. В., Адаменко Я. Ю., 2016. «Технология получения и оценка качества жидкого экстракта корневищ с корнями валерианы» Вестник ВГМУ.- Т. 15.- №1. С. 99-105.
13. Демянчук Т. А., Круглов Д. С., Шкроботько П. Ю., Парфенов А. А. и др., 2006. «Определение масс-спектрометрией макро-, микро- и ультрамикрорезультатов в корневищах с корнями валерианы лекарственной» Актуальные проблемы фармации: Межрегион, сб. науч. трудов, посв. 40-летию основания фармац. фак-та РязГМУ им. ак. И. П. Павлова. - Рязань: Информационные технологии, С. 70-73.
14. Schumacher B., Scholle S., Holzl J. et al., 2002. «Lignans isolated from valerian: identification and characterization of a new olivil derivative with partial agonistic activity at A1 adenosine receptors» J. Nat. Prod., - № 65. P. 1479-1485.
15. Шкроботько П. Ю., Парфенов А. А., Фурса Н. С. 2007. «Возможности обнаружения, количественного определения основных действующих веществ и прогноза на их основе седативного эффекта сырья валерианы, его лекарственных форм заводского и аптечного приготовления» Вестник ПГФА. Пермь. №2. С. 319-322.
16. Сермухамедова О. В., Басаргина Ю. Г., Ибрагимов Н. А., Сакипова З. Б., Сатбаева Э. М. 2017. «Изучение токсичности экстрактов из валерьяны туркестанской и пустырника туркестанского in vivo» Вестник КазНМУ. - №2. С.269-278.
17. Морохина С. Л., Мусина Н. З., Аляутдин Р. Н., Сорокина А. А. 2014. «Средства альтернативной терапии в лечении бессонницы у пожилых пациентов» Фармация - № 8. С.34-36.
18. Романенко В. И., Романенко Ю. И., Романенко И. В. 2016. «Лечение тревожно-депрессивных расстройств в соматической практике: назначение комбинации экстрактов зверобоя и валерианы» Міжнар. неврол. журн. - №1. С. 97-102.
19. Налетов С. В., 2009. «Клиническая фармакология препаратов валерианы и европейские традиции их использования: крушение постсоветских стереотипов. Обзор иностранных научных источников» Український медичний часопис. - № 3(71) - С. 41-47..
20. Al-Majed A.A., Al-Yahya A.A., Al-Bekairi A.M. et al. 2018. «Studies on the cytological and biochemical effects of valerian in somatic and germ cells of Swiss albino mice» Food Chem. Toxicol., 2006, 44(11): 1830-1837
21. ГФ XIV [Электронный ресурс] – Электронные данные, - Режим доступа: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>
22. Валерианы корневища с корнями. Инструкция по применению. ЛСР-005556/08-170708 Государственный реестр лекарственных средств [Электронный ресурс] – Электронные данные, 2016. – Режим доступа: <http://grls.rosminzdrav.ru/grls.aspx>.
23. Справочник РЛС: лекарственные средства и препараты. Инструкция, применение, описание [Электронный ресурс]. – Электронные данные, 2016. – Режим доступа: <http://www.rlsnet.ru>.
24. Нормативная документация ЗАО "ЭКОлаб" ЛСР-001753/09-100309, изм. 1, 2, 3 Валерианы настойка.

*Shoranova Aigul Edigeevna*

*Doctoral student of DBA Narxoz University  
The Republic of Kazakhstan, Almaty*

## **OPTIMIZATION OF IMPLEMENTATION OF STRATEGIC PRIORITIES OF THE ORGANIZATION BY MEANS OF THE NETWORK PLANNING AND MANAGEMENT MODEL**

*Шоранова Айгуль Едигеевна*

*Докторантка ДВА, АО «Университет Нархоз»  
Республика Казахстан, г. Алматы*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕАЛИЗАЦИИ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ПРИОРИТЕТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ**

**Summary.** Development of any business is impossible without strategic planning of activities and determination of strategic priorities for the development of an organization. Moreover, the process of determining strategic priorities is not so complicated compared to the process of their implementation. The implementation of strategic priorities requires a well-developed plan with a hierarchy of decisions and stages for the implementation of the

plan. At the same time, important decisions on the implementation and implementation of strategic priorities are assigned to managers at various levels.

The paper shows the option of applying the network planning model to the issue of the implementation of strategic priorities to the organization. Using the model made it possible to estimate the maximum and minimum possible deadlines for the execution of tasks, the total time reserves, optimize the number of executors, determine the critical path and tension coefficient for the implementation of the priority under consideration when the layout of cases is formed: a certain number of executors for each task, the optimal deadline for implementation of tasks.

**Аннотация.** Развитие любого бизнеса невозможно без стратегического планирования деятельности и определения стратегических приоритетов развития организации. Более того, сам процесс определения стратегических приоритетов еще не настолько сложен по сравнению с процессом их реализации. Реализация стратегических приоритетов требует четко разработанного плана с составлением иерархии решений и этапов осуществления плана. При этом важные решения по осуществлению и претворению стратегических приоритетов в жизнь возлагаются на менеджеров различных уровней.

В статье показан вариант применения модели сетевого планирования к вопросу реализации стратегических приоритетов к организации. Использование модели позволило оценить максимально и минимально возможные сроки исполнения задач, полные резервы времени, оптимизировать число исполнителей, определить критический путь и коэффициент напряженности по реализации рассматриваемого приоритета при сформированной раскладке дел: определенном количестве исполнителей по каждой задаче, оптимальном сроке выполнения, установленном порядке выполнения задач.

*Keywords: network planning, strategic priorities, critical path, tension coefficient, performers optimization.*

*Ключевые слова: сетевое планирование, стратегические приоритеты, критический путь, коэффициент напряженности, оптимизация исполнителей.*

**Formulation of the problem.** Important tasks in the process of implementing strategic priorities are the identification of resources, stages and timelines for the implementation of relevant activities. The need for resources depends on the specifics of the implementation of strategic priority. In this case, a budget is drawn up in which all the necessary expenses for the implementation of each priority separately are recorded.

A significant role in the implementation of the strategic priorities of the organization's development is assigned to human resources. It is important for the manager to clearly know the abilities of each employee who is potentially capable of fulfilling the tasks of implementing the respective strategic priority. It is also necessary to clearly define the order of actions and stages of implementation of tasks. In addition, the timing of the implementation of various tasks on the implementation of development priorities is of great importance. As a rule, the deadlines for implementation will depend on both human resources (quality and timeliness of execution of orders), and the schedule of execution determined by the manager at the appropriate level.

**Analysis of recent research and publications.** In the contemporary practice of many large companies, network management models are used that imply a departure from the top-down hierarchical control system [1]. The peculiarity of the network model lies in the horizontal management structure, i.e., communication is carried out not by the head with the subordinate, but by equal people during their direct contacts with each other [2]. A similar approach can be applied at the level of implementation of strategic priorities in the organization when performing relevant tasks.

The network model in the classical form is a graphical reflection of the plan for the implementation of a set of works that are closely interrelated. A distinctive feature of the network model is precisely the presence of links between the execution of logically ordered

actions (operations). At the same time, the link suggests that some operations cannot be carried out until the other tasks preceding them are performed.

Using of network models of planning and management allows you to optimize the process of implementing strategic priorities. Since the achievement of each strategic priority is possible only with the implementation of certain tasks that are carried out in a strictly defined sequence.

In management tasks, methods of generating columns, the use of the Lagrange function [3], linear programming, various regression models [4], the Hungarian assignment task method [5], the heuristic algorithm [6] and [7] are often used. Various variants of mathematical models are also widely used: the Pareto method and the hierarchical method [8], the technique for determining bottlenecks [9], multi-criteria linear programming [10], various optimization methods [11].

The effectiveness of the use of network planning models is considered in the works of A. E. Polichka, E. V. Simonova in mathematical modeling of building disciplines [12], E. V. Bucenko, A. F. Shorikov in optimizing business planning processes [13].

**Unsolved part of the problem.** In general, network planning uses a graphical display of the work plan in their logical sequence and interconnection and allows you to subsequently optimize the current management by adjusting the original plan [14]. The use of network modeling allows you to analyze all the work and make improvements to the structure of the model prior to its implementation [15].

All these features of the network model, in our opinion, allow it to be applied to the process of implementing strategic priorities in an organization.

**The purpose** of the paper is to study the possibility of using network planning in the tasks of determining the strategic priorities of the organization.

**Methods.** To assess the plan for the implementation of the strategic priority of the organization, we apply the network planning model. The network model is an economic-mathematical model, reflecting a set of operations related to the implementation of a project, in their logical and technological sequence and communication. The analysis of the network model presented in graphical or tabular form allows, first, to more clearly identify the interrelationships of the project implementation stages and, secondly, to determine the most optimal order of implementation of these stages in order, for example, to reduce the implementation time for the whole complex of works. Thus, network modeling methods can be attributed to the methods of making optimal decisions.

In our case, the project is the implementation of strategic priority. At the same time, the duration of the work is set by three estimates - the minimum, maximum and optimal. The minimum estimate  $t_{min}(i, j)$  characterizes the duration of the work under the most favorable circumstances, and the maximum  $t_{max}(i, j)$  - under the most adverse conditions.

Duration of work in this case is considered as a random variable, which as a result of the implementation can take any value in a given interval. The expected value of  $t_{ex}(i, j)$  is estimated by the formula:

$$t_{ex}(i, j) = \frac{t_{min}(i, j) + 4m(i, j) + t_{max}(i, j)}{6} \quad (1)$$

$m$  – optimal task execution time [16].

To characterize the degree of variation of possible values around the expected level, the variance is used, which is estimated as follows:

$$S^2(i, j) = \frac{1}{36} (t_{max}(i, j) - t_{min}(i, j))^2 \quad (2)$$

To determine the time reserves for network events, the earliest  $t_p$  and the latest  $t_p$  deadlines for event completion are calculated. Any event cannot occur before all the events preceding it are completed and all previous works are not performed. Therefore, the early (or expected) time  $t_p(i)$  of accomplishing the  $i$ -th event is determined by the duration of the maximum path preceding this event:

$$t_p(i) = \max(t(L_{ni})) \quad (3)$$

$L_{ni}$  – any path preceding the  $i$ -th event, that is, the path from the source to the  $i$ -th event of the network.

The delay in the occurrence of event  $i$  in relation to its early date will not affect the period of accomplishment of the final event (and, therefore, the period of performance of the complex of works) until the sum of

the period of accomplishment of this event and the length (length) of the maximum of the following exceed the lengths of the critical path. Therefore, the late (or deadline) term  $t_n(i)$  of accomplishing the  $i$ -th event is:

$$t_n(i) = t_{cr} - \max(t(L_{ci})) \quad (4)$$

$L_{ci}$  - any path following the  $i$ -th event, i.e. path from the  $i$ -th to the final network event.

The time reserve  $R(i)$  of the  $i$ -th event is defined as the difference between the late and early dates of its accomplishment:

$$R(i) = t_n(i) - t_p(i) \quad (5)$$

To determine the maximum possible implementation time for the whole work package with a 95% reliability, we will use the following formula:

$$T = T_{cr} + Z * S_{cr} \quad (6)$$

$Z$  - normative deviation of a random variable,

$S_{kp}$  – standard deviation, calculated as the square root of the variance of the duration of the critical path.

The complexity of the network schedule is estimated by the complexity factor, which is determined by the formula:

$$K_d = \frac{n_w}{n_{ev}} \quad (7)$$

$n_w$  – number of works, units;

$n_{ev}$  – number of events, units.

The coefficient of intensity  $K$  of work  $P_{i,j}$  is the ratio of the duration of non-coincident (prisoners between the same events) segments of the path, one of which is the path of maximum duration passing through this work, and the other is the critical path:

$$K = \frac{t(L_{max}) - t_{1cr}}{t_{cr} - t_{1cr}} \quad (8)$$

$t(L_{max})$  – the duration of the maximum path through  $P_{i,j}$ , from the beginning to the end of the network schedule;

$t_{cr}$  – duration (length) of the critical path;

$t_{1cr}$  – the length of the segment of the considered maximum path coinciding with the critical path.

**Research results.** Let us consider an example of using network planning for the implementation of the strategic priority “Increasing the company's market share”. As it was said, for the implementation of strategic priority it is necessary to determine the complex of operations (works) and the timing of their implementation (table 1).

Table 1.

**Complex tasks within the framework of the implementation of strategic priority**

| Task name  | Designation | Job Code | Deadline, days |     |        | Number of performers, people |
|--|-------------|----------|----------------|-----|--------|------------------------------|
|  |             |          | min            | max | opt-im |                              |
| Evaluation of the company's position in the market     | A           | (0,1)    | 10             | 14  | 12     | 4                            |
| Environmental analysis                                 | B           | (1,2)    | 14             | 20  | 18     | 5                            |
| Analysis of internal factors                           | C           | (1,3)    | 12             | 18  | 16     | 3                            |
| Competition evaluation                                 | D           | (1,4)    | 20             | 28  | 24     | 4                            |
| Market risk assessment                                 | E           | (2,5)    | 5              | 7   | 6      | 2                            |
| Internal risk assessment                               | F           | (3,5)    | 8              | 12  | 10     | 3                            |
| Analysis of potential customers                        | G           | (4,6)    | 12             | 16  | 14     | 4                            |
| Definition of marketing strategies                     | H           | (5,6)    | 20             | 28  | 24     | 5                            |
| Determination of the optimal selling price of products | I           | (6,7)    | 5              | 10  | 7      | 3                            |
| Budgeting  | J           | (6,8)    | 3              | 6   | 5      | 3                            |
| Develop a financial plan                               | K           | (8,9)    | 7              | 14  | 10     | 5                            |
| Calculation of financial indicators                    | L           | (7,9)    | 3              | 5   | 4      | 3                            |

Calculate the expected value and indicators of variance. The results are presented in table 2.

Table 2

**The results of the evaluation of the expected duration of time and variance**

| Task ( $i,j$ ) | $t_{min}(i,j)$ | $t_{max}(i,j)$ | $m(i,j)$ | Expected duration $t_{ex}(i,j)$ | Dispersion $S^2(i,j)$ |
|----------------|----------------|----------------|----------|---------------------------------|-----------------------|
| 0,1            | 10             | 14             | 12       | 12                              | 0,44                  |
| 1,2            | 14             | 20             | 18       | 17,67                           | 1                     |
| 1,3            | 12             | 18             | 16       | 15,67                           | 1                     |
| 1,4            | 20             | 28             | 24       | 24                              | 1,78                  |
| 2,5            | 5              | 7              | 6        | 6                               | 0,11                  |
| 3,5            | 8              | 12             | 10       | 10                              | 0,44                  |
| 4,6            | 12             | 16             | 14       | 14                              | 0,44                  |
| 5,6            | 20             | 28             | 24       | 24                              | 1,78                  |
| 6,7            | 5              | 10             | 7        | 7,17                            | 0,69                  |
| 6,8            | 3              | 6              | 5        | 4,83                            | 0,25                  |
| 8,9            | 7              | 14             | 10       | 10,17                           | 1,36                  |
| 7,9            | 3              | 5              | 4        | 4                               | 0,11                  |

Using the data obtained, it is possible to find the main characteristics of the network model by a tabular method, the critical path and its duration.

The most important indicator of the network schedule is the time reserves. The time reserves of each path show the extent to which the duration of a given path can be increased without prejudice to the onset of the final event. Since each non-critical network path has its full time reserve, each event on this way has its own time reserve.

Critical events of reserves of time do not have, since any delay in the accomplishment of an event lying on a critical path will cause the same delay in the accomplishment of the terminating event. Thus, by determining the early date of the onset of the terminating network event, one can determine the length of the critical path.

The results of the deadlines and time reserve are presented in table 3.

Table 3.

**Calculate the timing and time reserve**

| Event number | Deadlines for the event: early $t_p(i)$ | Deadlines for the event: late $t_n(i)$ | Time reserve, R(i)  |
|--------------|---|--|---------------------|
| 0            |   | 1,7763568394003E-15                    | 1,7763568394003E-15 |
| 1            | 12                                      | 12                                     | 1,7763568394003E-15 |
| 2            | 29,67                                   | 31,67                                  | 2                   |
| 3            | 27,67                                   | 27,67                                  | 0                   |
| 4            | 36                                      | 47,67                                  | 11,67               |
| 5            | 37,67                                   | 37,67                                  | 0                   |
| 6            | 61,67                                   | 61,67                                  | 0                   |
| 7            | 68,84                                   | 72,67                                  | 3,83                |
| 8            | 66,5                                    | 66,5                                   | 0                   |
| 9            | 76,67                                   | 76,67                                  | 0                   |



In determining the early dates for completing the  $t_p(i)$  events, we move along the network graph from left to right and use formula (3).

The length of the critical path is equal to the early completion date of the event 9:  $t_{kp}=t_p(9)=76,67$

When determining the late dates for accomplishing the events  $t_{ii}(i)$ , we move along the network in the opposite direction, that is, from right to left and use formula (4).

The total reserve of the path shows how much the total duration of all the work belonging to the given path can be increased, provided that the duration of the whole complex of works does not change. It is formed when the previous work will end at its earliest date.

|  |  |
|--|--|
| $R_{F(0,1)} = 12-12-0 = 1,7763568394003E-15$ | $R_{F(4,6)} = 61,67-14-36 = 11,67$     |
| $R_{F(1,2)} = 31,67-17,67-12 = 2$            | $R_{F(5,6)} = 61,67-24-37,67 = 0$      |
| $R_{F(1,3)} = 27,67-15,67-12 = 0$            | $R_{F(6,7)} = 72,67-7,17-61,67 = 3,83$ |
| $R_{F(1,4)} = 47,67-24-12 = 11,67$           | $R_{F(6,8)} = 66,5-4,83-61,67 = 0$     |
| $R_{F(2,5)} = 37,67-6-29,67 = 2$             | $R_{F(7,9)} = 76,67-4-68,84 = 3,83$    |
| $R_{F(3,5)} = 37,67-10-27,67 = 0$            | $R_{F(8,9)} = 76,67-10,17-66,5 = 0$    |

Определим свободный резерв времени:

|                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| $R_{(0,1)}^f = 12-12-0 = 0$        | $R_{(4,6)}^f = 61,67-14-36 = 11,67$  |
| $R_{(1,2)}^f = 29,67-17,67-12 = 0$ | $R_{(5,6)}^f = 61,67-24-37,67 = 0$   |
| $R_{(1,3)}^f = 27,67-15,67-12 = 0$ | $R_{(6,7)}^f = 68,84-7,17-61,67 = 0$ |
| $R_{(1,4)}^f = 36-24-12 = 0$       | $R_{(6,8)}^f = 66,5-4,83-61,67 = 0$  |
| $R_{(2,5)}^f = 37,67-6-29,67 = 2$  | $R_{(7,9)}^f = 76,67-4-68,84 = 3,83$ |
| $R_{(3,5)}^f = 37,67-10-27,67 = 0$ | $R_{(8,9)}^f = 76,67-10,17-66,5 = 0$ |

Let us analyze the network model in terms of the implementation of tasks on the implementation of strategic priority (Table 4).

Table 4

**Analysis of the network model by date**

| Task (i,j) | Number of previous works | Duration $t_{ij}$ | Early dates: start | Early deadline: ending | Late deadline: ending | Minimum cut |
|------------|--------------------------|-------------------|--------------------|------------------------|-----------------------|-------------|
| (0,1)      | 0                        | 10                | 0                  | 10                     | 10                    | 10          |
| (1,2)      | 1                        | 14                | 10                 | 24                     | 25                    | 24          |
| (1,3)      | 1                        | 12                | 10                 | 22                     | 22                    | 22          |
| (1,4)      | 1                        | 20                | 10                 | 30                     | 38                    | 30          |
| (2,5)      | 1                        | 5                 | 24                 | 29                     | 30                    | 29          |
| (3,5)      | 1                        | 8                 | 22                 | 30                     | 30                    | 30          |
| (4,6)      | 1                        | 12                | 30                 | 42                     | 50                    | 42          |
| (5,6)      | 2                        | 20                | 30                 | 50                     | 50                    | 49          |
| (6,7)      | 2                        | 5                 | 50                 | 55                     | 57                    | 47          |
| (6,8)      | 2                        | 3                 | 50                 | 53                     | 53                    | 45          |
| (7,9)      | 1                        | 3                 | 55                 | 58                     | 60                    | 58          |
| (8,9)      | 1                        | 7                 | 53                 | 60                     | 60                    | 60          |

We choose the minimum value for all work ending in 9, which was 58. Therefore, the minimum time for completion of all tasks for the implementation of strategic priority will be 58 days.

We estimate the coefficients of complexity and intensity. Network models that have a complexity factor from 1.0 to 1.5 are simple, from 1.51 to 2.0 - medium complexity, more than 2.1 - complex. In our case, the complexity factor was:

$$K_d = 12 / 10 = 1,2$$

Since  $K_d < 1.5$ , the network model is simple.

The coefficient of intensity  $K$  of work  $P_{i,j}$  can vary from 0 (for work in which the maximum length of the paths that do not coincide with the critical path consists of fictitious works of zero duration) to 1 (for the work of the critical path). The closer to 1 coefficient of tension  $K$  of work  $P_{i,j}$ , the more difficult it is to perform this work in a timely manner. The closer to the work of  $P_{i,j}$  to zero, the greater the relative reserve has the maximum path that passes through this work. The results of the calculation of the coefficient of tension are presented in table 5.

The coefficient of intensity

| Task  | Way                                    | Maximum way, t(Lmax) | Matching works                         | t <sub>1cr</sub> | Calculation                 | K     |
|-------|--|----------------------|--|------------------|-----------------------------|-------|
| (0,1) | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67                | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67            | -                           | -     |
| (1,2) | (0,1)(1,2)<br>(2,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 74,67                | (0,1)(5,6)<br>(6,8)(8,9)               | 51               | (74,67-51)/(76,67-51)       | 0,922 |
| (1,3) | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67                | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67            | -                           | -     |
| (1,4) | (0,1)(1,4)<br>(4,6)(6,8) (8,9)         | 65                   | (0,1)(6,8) (8,9)                       | 27               | (65-27)/(76,67-27)          | 0,765 |
| (2,5) | (0,1)(1,2)<br>(2,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 74,67                | (0,1)(5,6)<br>(6,8)(8,9)               | 51               | (74,67-51)/(76,67-51)       | 0,922 |
| (3,5) | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67                | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67            | -                           | -     |
| (4,6) | (0,1)(1,4)<br>(4,6)(6,8) (8,9)         | 65                   | (0,1)(6,8) (8,9)                       | 27               | (65-27)/(76,67-27)          | 0,765 |
| (5,6) | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67                | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67            | -                           | -     |
| (6,7) | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,7)(7,9) | 72,84                | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)               | 61,67            | (72,84-61,67)/(76,67-61,67) | 0,745 |
| (6,8) | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67                | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67            | -                           | -     |
| (7,9) | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,7)(7,9) | 72,84                | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)               | 61,67            | (72,84-61,67)/(76,67-61,67) | 0,745 |
| (8,9) | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67                | (0,1)(1,3)<br>(3,5)(5,6)<br>(6,8)(8,9) | 76,67            | -                           | -     |

The calculated stress coefficients allow to further classify work by zones. Depending on the magnitude of the intensity factor K, there are three zones: critical ( $K > 0,8$ ); subcritical ( $0,6 < K < 0,8$ ) and backup ( $K < 0,6$ ).

The closer the tension coefficient to unity, the more difficult it is to perform this task in a timely manner; the closer to zero, the greater the relative reserve is the maximum path through this task.

To determine the maximum possible execution time of the whole complex of tasks, we find the value of the argument Z, which corresponds to a given probability of 95% (the value of the F (Z) column is 0,95 \* 100% in the table corresponds to  $Z = 1,96$ ):

$$T = 76,67 + 1,96 * 2 = 80,59$$

Consequently, the maximum completion time of the whole complex of works at a given 95% probability level is only 81 days.

**Conclusions.** The optimization of the deadlines due to the redistribution of resources is based on the fact that tasks that are not on the critical path have time reserves. For the transfer of resources, for example, people, tasks with a tension ratio in the range from 0 to 0,55 are used, which determines the belonging of the task to the reserve zone. Figure 1 shows the network schedule for accomplishing priority tasks and highlights the critical path, the duration of which was 76,67 days.

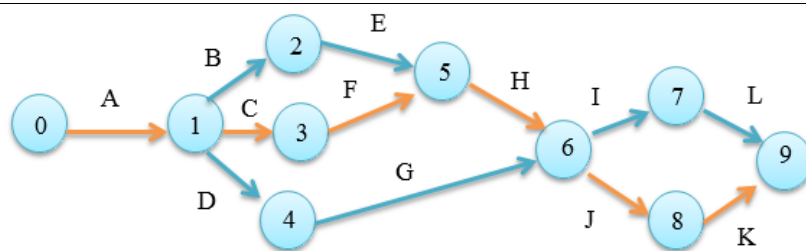


Figure 1 - Network implementation schedule of strategic priority

The figure shows the critical path (0,1) (1,3) (3,5) (5,6) (6,8) (8,9), which ensures the execution of tasks in 77 days. However, the manager should carefully consider the possibility of its implementation without performing other tasks.

The tension coefficients show that all the designated tasks for the implementation of priority fall into the subcritical or critical zone (tasks (1,2) and (2,5)). This means that there is no reserve both in terms of accomplishment of the tasks set and in the number of performers. It is even possible that for tasks falling into the critical zone, additional labor resources will be required. The duration of the minimum journey was 58 days. However, at the set intensity with a probability of 95%, the implementation of the strategic priority will be carried out within 81 days.

Thus, the application of the network planning and management method allows the following:

- 1) check the feasibility of planned tasks (works) and their structure;
- 2) identification of unnecessary tasks, for example, not mandatory due to changes in technology;
- 3) determining the possibility of parallel tasks;
- 4) the determination of the appropriateness of the level of detail obtained for the tasks, and, if necessary, the dismemberment of certain works in order to increase parallelism.

#### Список использованной литературы

1. A.Koptelov Setevyye modeli upravleniya – vremya prishlo?//Business Excellence, 2012. - №5. – С.52-55
2. A.Ye. Shadrin Setevaya model' organizatsii <http://emag.iis.ru/arc/in-fosoc/emag.nsf/BPA/d0b0d7d739149c71c32569e500517ce0>
3. Kroon L, Salomon M, van Wassenhove L. Exact and approximation algorithms for the tactical fixed interval scheduling problem// Operations Research, 1997. - №45:6. – pp.24–38.
4. H.A. Eiselta, Vladimir Marianov Employee positioning and workload allocation// Computers & Operations Research, Elsevier, 2008. - №35. – pp. 513 – 524
5. Praveena Akki and Poonguzhali.E Resource Allocation and storage using Hungarian method in Mobile Cloud computing//IJARSCCE volume 3,Issue 8,Aug 2013.

6. Jameer. G. Kotwal et al, // International Journal of Computer Science and Information Technologies, 2015. - Vol. 6 (4) . – pp. 3736-3741

7. He, J., Huang, Y., & Chang, D. Simulation-based heuristic method for container supply chain network optimization//Advanced Engineering Informatics, 2015. - №29(3), 339-354.

8. Vladimir I. Voropaev, Yan D. Gelrud project management mathematical models for the customer//PM World Journal, 2013. - Vol.2, issue 3

9. Barkalov S.A., Kolpachev V.N., Glagol'yev A.V., Likhotin YU.P. Dvoynaya setevaya model' optimizatsii kalendarogo grafika // Prikladnyye zadachi modelirovaniya i optimizatsii. Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov. - Voronezh: BGTU, 2002. C. 141 - 148.

10. Medvedev A.V. Kontsepsiya optimizatsionno-imitatsionnogo biznesplirovaniya // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2014. № 1. C. 198–201.

11. Mutyash I.V., Chudosay A.V. Vnedreniye sistemy biznes-planirovaniya kak instrumenta upravleniya predpriyatiyem pishchevoy promyshlennosti v usloviyakh finansovoy neustoychivosti: teoreticheskiye aspekty i prakticheskiye resheniya (na primere OAO «Barnaul'skiy drozhzhevoy zavod») // Izvestiya Altayskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. T. 1, № 2 (86). C. 117–122.

12. A. Ye. Polichka, Ye. V. Simonova Problema razrabotki setevoy matematicheskoy modeli uchebnoy distsipliny magistratury// «Uchenyye zametki TOGU», 2016. - Tom 7, № 4. – C.509-512

13. Ye.V.Butsenko, A.F.Shorikov Realizatsiya setevogo ekonomiko-matematicheskogo modelirovaniya dlya protsessa biznes-planirovaniya// Vestnik UrFU. Seriya ekonomika i upravleniye, 2015. - Tom 14., № 6. – C.935-953

14. K.M.Karenov Teoreticheskiye i metodicheskiye osnovy optimizatsii setevykh modeley po vremeni//Vestnik KarGU: Karaganda, 2012 <https://articlekz.com/article/5878>

15. A.A.Kopaneva, A.V. Ovsyannikova, I.F.Avdeyev. Matematicheskiye metody v ekonomike. Uchebno-metodicheskoye posobiye dlya studentov ekonomicheskikh spetsial'nostey.- M.: MGUTU, 2009

16. Ye. V. Freydina Issledovaniye sistem upravleniya: ucheb. posobiye / Ye. V. Freydina; pod red. YU.V. Guseva. - 5-ye izd., ster. - M.: Omega-L, 2013. - 367 c.

#6 (46), 2019 część 3  
**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)**

#6 (46), 2019 part 3  
**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>**