



#8 (36), 2018 część 1

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe**

(Warszawa, Polska)

**Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w**

**Polsce.** W czasopiśmie publikowane są artykuły ze

wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo

publikowane jest w języku polskim, angielskim,

niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego  
miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz

czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej

czasopisma.

**Zespół redakcyjny**

**Redaktor naczelny - Adam Barczuk**

**Mikołaj Wiśniewski**

**Szymon Andrzejewski**

**Dominik Makowski**

**Paweł Lewandowski**

**Rada naukowa**

**Adam Nowicki (Uniwersytet**  
**Warszawski)**

**Michał Adamczyk (Instytut Stosunków**  
**Międzynarodowych)**

**Peter Cohan (Princeton University)**

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

**Piotr Michalak (Uniwersytet**  
**Warszawski)**

**Jerzy Czarnecki (Uniwersytet**  
**Jagielloński)**

**Kolub Frennen (University of**  
**Tübingen)**

**Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków**  
**Międzynarodowych)**

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

**Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet**  
**Warszawski)**

#8 (36), 2018 part 1

**East European Scientific Journal**

(Warsaw, Poland)

**The journal is registered and published in Poland.** The  
journal is registered and published in Poland.

Articles in all spheres of sciences are published in the

journal. Journal is published in **English, German, Polish**

**and Russian.**

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

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the  
journal

Free access to the electronic version of journal

**Editorial**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

**Mikołaj Wiśniewski**

**Szymon Andrzejewski**

**Dominik Makowski**

**Paweł Lewandowski**

**The scientific council**

**Adam Nowicki (Uniwersytet**  
**Warszawski)**

**Michał Adamczyk (Instytut Stosunków**  
**Międzynarodowych)**

**Peter Cohan (Princeton University)**

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

**Piotr Michalak (Uniwersytet**  
**Warszawski)**

**Jerzy Czarnecki (Uniwersytet**  
**Jagielloński)**

**Kolub Frennen (University of**  
**Tübingen)**

**Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków**  
**Międzynarodowych)**

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

**Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet**  
**Warszawski)**

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

**1000 kopii.**

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

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo  
Naukowe**

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

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

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

**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

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

<b>Данилов В.М., Абрамов С.И.</b> ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЖЕНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 10 ЛЕТ НАБЛЮДЕНИЯ.....	4
<b>Вучкова S.A., Morozova Z.V.</b> IMMUNE STATUS OF PATIENTS WITH COMORBID PATHOLOGY .....	9
<b>Гончарук Н.П., Ковида Н.Р.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ВЕДЕННЯ ЖІНОК З АНОМАЛІЯМИ ПОЛОГОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....	13
<b>Shelekhov A.V., Dvornichenko V. V., Rasulov R. I., Radostev S. I., Morikov D.D., Zakharov A.G., Medvednikov A. A., Ushakova I. V.</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF CYTOREDUCTIVE OPERATIONS IN OVARIAN CANCER 3C STAGE. .....	17
<b>Хмель О.В., Калабуха І.А.</b> РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ НАДАННЯ ХІРУРГІЧНОЇ ДОПОМОГИ ХВОРИМ НА ВПЕРШЕ ДІАГНОСТОВАНИЙ ОБМЕЖЕНИЙ ТУБЕРКУЛЬОЗ ЛЕГЕНЬ.....	21

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Андрєєва С.С., Колеснікова М.Б.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОКЛЕЙСТЕРИЗОВАНИХ КРОХМАЛЬНИХ ДИСПЕРСІЙ ДЛЯ СОУСІВ СОЛОДКИХ .....	27
<b>Горланов Е. С.</b> ФЕНОМЕН КАРБИДООБРАЗОВАНИЯ НА СМАЧИВАЕМОЙ АЛЮМИНИЕМ КАТОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ.....	32
<b>Казимиренко Ю.О.</b> ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕМЕНТІВ ПЛАВУЧИХ СПОРУД ДЛЯ РАДІОАКТИВНИХ ВАНТАЖІВ .....	38
<b>Азаров С. І., Сидоренко В.Л., Задунай О.С.</b> ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОКРОГО СХОВИЩА ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА.....	45

## ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Gahramanova Sh.I., Jalaladdinov F.F., Azizov I.V., Khudaverdiyev R.A., Mammedova Z.M., Pashayeva F.K., Gahramanov T.O., Hajiyev A. Sh.</b> SYNTHESIS OF COMPLEX COMPOUNDS OF DIVALENT COPPER WITH HISTIDINE AND ARGININE LIGANDS, INVESTIGATION OF THEIR PROPERTIES AND INFLUENCE ON PHYSIOLOGICAL PROCESSES OF WHEAT SPROUTS.....	53
<b>Масуд Абдо-Аллах, Шипидченко М.В., Исак А.Д., Попов Е.В.</b> СИНТЕЗ N-АРИЛ-6- МЕТИЛУРАЦИЛ-5-СУЬФОНАИДОВ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ .....	57

## **МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ**

УДК 616-006.04(470.324)

*Данилов Валерий Михайлович*

*аспирант кафедры онкологии и специализированных хирургических дисциплин института дополнительного профессионального образования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко» Министерства здравоохранения Российской Федерации.*

*Абрамов Сергей Иванович*

*Главный специалист отделения медицинской статистики, ФГБУ «Центральный Научно – исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» МЗ РФ*

### **ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЖЕНСКОГО НАСЕЛЕНИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА 10 ЛЕТ НАБЛЮДЕНИЯ**

#### **Резюме.**

Регулярный анализ данных государственной статистики позволяет организаторам здравоохранения и службе главного специалиста иметь точный прогноз и эффективно использовать бюджетные средства на развитие онкологической службы. Кроме этого, появляется возможность разрабатывать и внедрять только те программы, которые направлены на улучшение показателей оказания помощи пациентам ЗНО и улучшению статистических показателей.

Стратегия развития здравоохранения до 2020 года, в которой четко определены задачи по онкологической службе, должна улучшить ситуацию по раннему выявлению злокачественных новообразований, изменить пропорцию контингентов накопления в сторону ранних стадий рака, а также увеличить 5-ти летнюю выживаемость в случае постановки диагноза злокачественных новообразований (далее - ЗНО) [1]. В работе проводится анализ статистических данных по заболеваемости и состоянию онкологической помощи злокачественных заболеваний в Воронежской области, в сравнении с Центральным Федеральным округом и Россией за период 2006-2016 гг. Представлен анализ данных государственной медицинской статистики по форме № 7. Для расчета стандартизованных показателей заболеваемости использован мировой стандарт возрастного распределения населения. Расчет прироста/убыли показателей за 10-летний период проводился с предварительным выравниванием динамических рядов. Рассчитаны структура ЗНО и заболеваемость по возрастам и полу. Онкологическая статистика позволяет проследить ситуацию с состоянием онкологической помощи в Воронежской области на протяжении последних 10 лет.

**Ключевые слова:** *злокачественные новообразования, эпидемиология, заболеваемость ЗНО, женщины, статистика.*

*Danilov V.M.*

*post-graduate student of the Department of Oncology and specialized surgical disciplines of the Institute of additional professional education of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Voronezh state medical University named After N. H. Burdenko" of the Ministry of health of the Russian Federation*

*Abramov S.I*

*chief specialist of Department of medical statistics «Central Research Institute of organization and Informatization of health care» of the Ministry of health of the Russian Federation*

### **AGE THE INCIDENCE OF MALIGNANT NEOPLASMS OF THE FEMALE POPULATION OF THE VORONEZH REGION, FOR 10 YEARS OF OBSERVATION**

#### **Abstract.**

Regular analysis of state statistics data allows health care providers and the chief specialist service to have an accurate forecast and effectively use budget funds for the development of cancer services. In addition, it is possible to develop and implement only those programs that are aimed at improving the indicators of care for patients ZNO and improve statistical indicators.

The strategy for the development of health care until 2020, which clearly defines the tasks for the cancer service, should improve the situation for early detection of malignant neoplasms, change the proportion of the contingents of accumulation towards the early stages of cancer, as well as increase the 5-year survival in the case of diagnosis of malignant tumors (hereinafter - ZNO) [1]. The paper analyzes statistical data on the incidence and the state of cancer care for malignant diseases in the Voronezh region, in comparison with the Central Federal district and Russia for the period 2006-2016.

The analysis of data of the state medical statistics in the form № 7 is presented. The world standard of age distribution of the population is used for calculation of the standardized indicators of morbidity. Calculation of growth / decline indicators for the 10-year period was carried out with preliminary alignment of dynamic series. The structure of ZNO and incidence by age and sex are calculated. Cancer statistics allows tracing the situation with the state of cancer care in the Voronezh region over the past 10 years.

**Key words:** malignant neoplasm, epidemiology, incidence and statistics, female.

#### Материалы и методы.

В 2016 г. в Воронежской области было выявлено 65 779 случаев ЗНО, из них в 47,6% у мужчин и в 52,4% у женщин. Прирост показателя составил в целом 33,5%, у мужчин 28,4%, у женщин 38,4% [2]. На конец 2016 года под диспансерным наблюдением в Воронежском онкологическом диспансере состояло 65 779 пациентов с онкологическими заболеваниями, за десятилетие число таких пациентов возросло почти на 50% (47,5%). Под диспан-

серным наблюдением в медицинских учреждениях области состоит 2,8% населения (РФ – 2,4%, ЦФО – 2,6%).

Показатель заболеваемости ЗНО на 100 тыс. населения в 2016 г. в области составил 434,4, что гораздо выше показателя и по РФ и ЦФО (409,4, 413,7). В динамике показателя отмечается значительное превышение уровня РФ [3] и ЦФО в 2014 и 2015 гг. Прирост показателя составил 29,7%, в РФ 21,8 и ЦФО 13,0. (рис 1) [4-14].

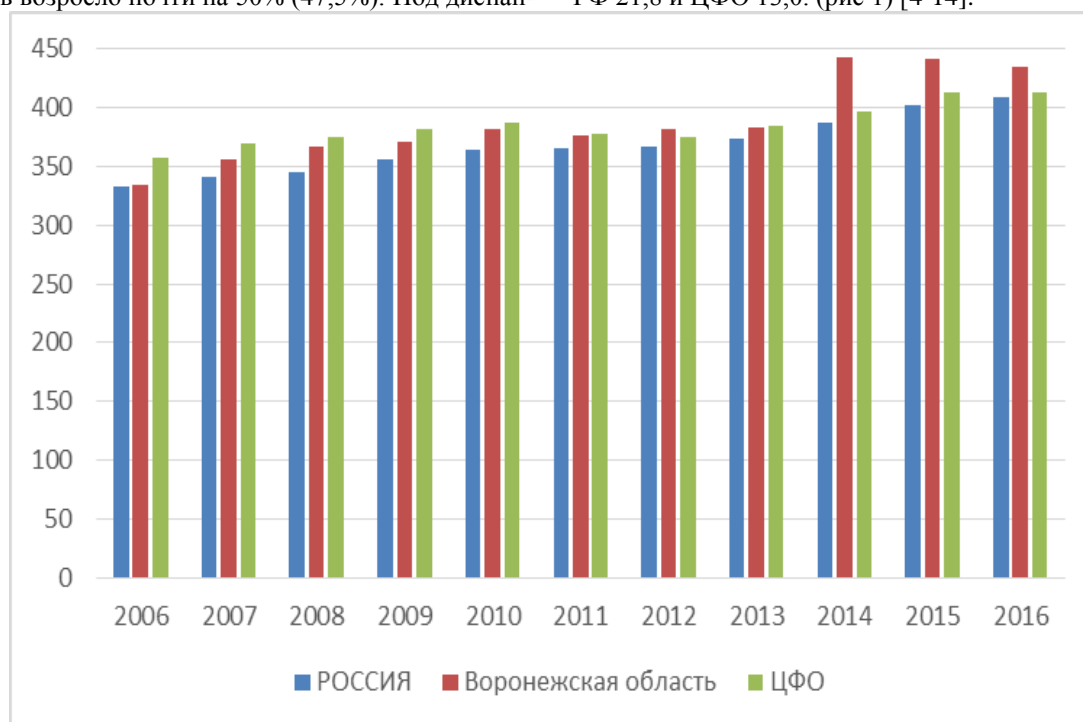


Рисунок 1. Динамика «грубого» показателя заболеваемости ЗНО на 100 тыс. населения в Воронежской области, ЦФО, РФ.

У женщин «грубый» показатель заболеваемости ЗНО в 2016 г. составил 420,8 на 100 тыс. женского населения, уровень этого показателя выше аналогичного по РФ (414,6), но ниже среднего по ЦФО (424,0). Но прирост показателя за период 2006-2016 гг. в Воронежской области наибольший - при сравнении со среднероссийским и средним

по ЦФО - и составил 35,8% (РФ – 24,3, ЦФО – 15,0). (рис. 2).

При сравнении уровня показателей заболеваемости мужчин и женщин – в Воронежской области наблюдается значительное превышение показателя у мужчин, тогда как в РФ в целом такого превышения не наблюдается.

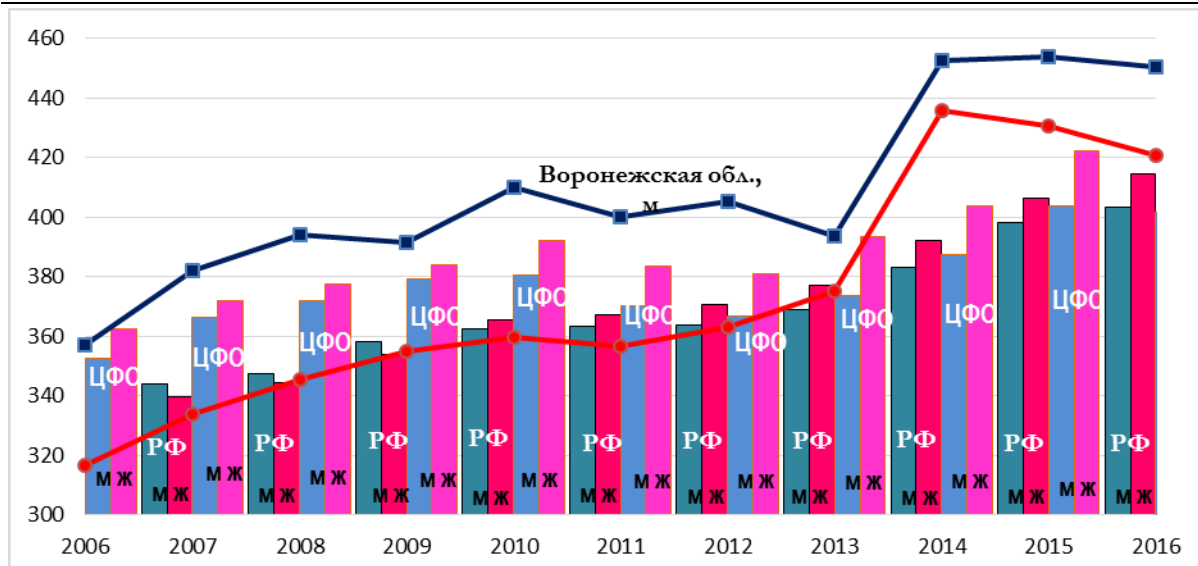


Рисунок 2. Динамика «грубого» показателя заболеваемости ЗНО мужчин и женщин в Воронежской области, РФ, ЦФО

В рейтинге показателей «грубых» показателей заболеваемости ЗНО среди мужского населения территорий, входящих в ЦФО, Воронежская область занимает 12 место, а по приросту показателя за десятилетие - 8 место. Среди женского населения ЦФО в рейтинге показателя заболеваемости ЗНО Воронежская область занимает 16 место, а по приросту показателя 5 место.

При анализе стандартизованных показателей, которые стандартизованы по мировому стандарту возрастного распределения населения (М. Segi), показатель заболеваемости ЗНО в Воронежской области в 2016 г. не превышает среднероссийский (244,9) и составляет 235,9 на 100 тыс. населения, но выше среднего по ЦФО (228,7). Однако, прирост показателя за десятилетие значительно выше и равен 20,4%, чем по РФ в целом и ЦФО- 10,5% и 6,8% соответственно. По рейтингу прироста с 2006 г. стандартизованного показателя заболеваемости на оба пола Воронежская область занимает 5 место в ЦФО, а по урону показателя 15.

В женской популяции Воронежской области уровень стандартизованного показателя заболеваемости ЗНО в 2006 г. среди территорий ЦФО был одним из наименьших 171,8, уступая лишь показателю

Владимирской 171,2 и Тамбовской области 169,7 на 100 тыс. женского населения. В 2016 г. этот показатель так же находится на невысоком для ЦФО уровне, 215,2, занимая 14 место, значительно уступая среднероссийскому показателю 227,0. Прирост стандартизованного показателя заболеваемости ЗНО у женщин Воронежской области за десять лет также, как и у мужчин значительно превышает таковой в среднем по России и ЦФО 26,7%, 14,8% и 11,0.

#### Повозрастные показатели заболеваемости в воронежской области ЗНО.

Характер кривых, отражающих повозрастные показатели заболеваемости ЗНО в 2016 г. для обоих полов в ЦФО и РФ, в целом идентичен, пик приходится на возрастную группу 75-79 лет (1430,0 и 1509,3 соответственно), в Воронежской области отмечается некоторое плато в возрасте 70-74 и 75-79 лет (1284,1 и 1274,7) (рис. 8).

Пик повозрастных показателей заболеваемости ЗНО мужчин также приходится на возрастную группу 75-79 лет, но в Воронежской области уровень показателя ниже, чем по ЦФО в целом и РФ (1988,9, 2119,5 и 2268,0).

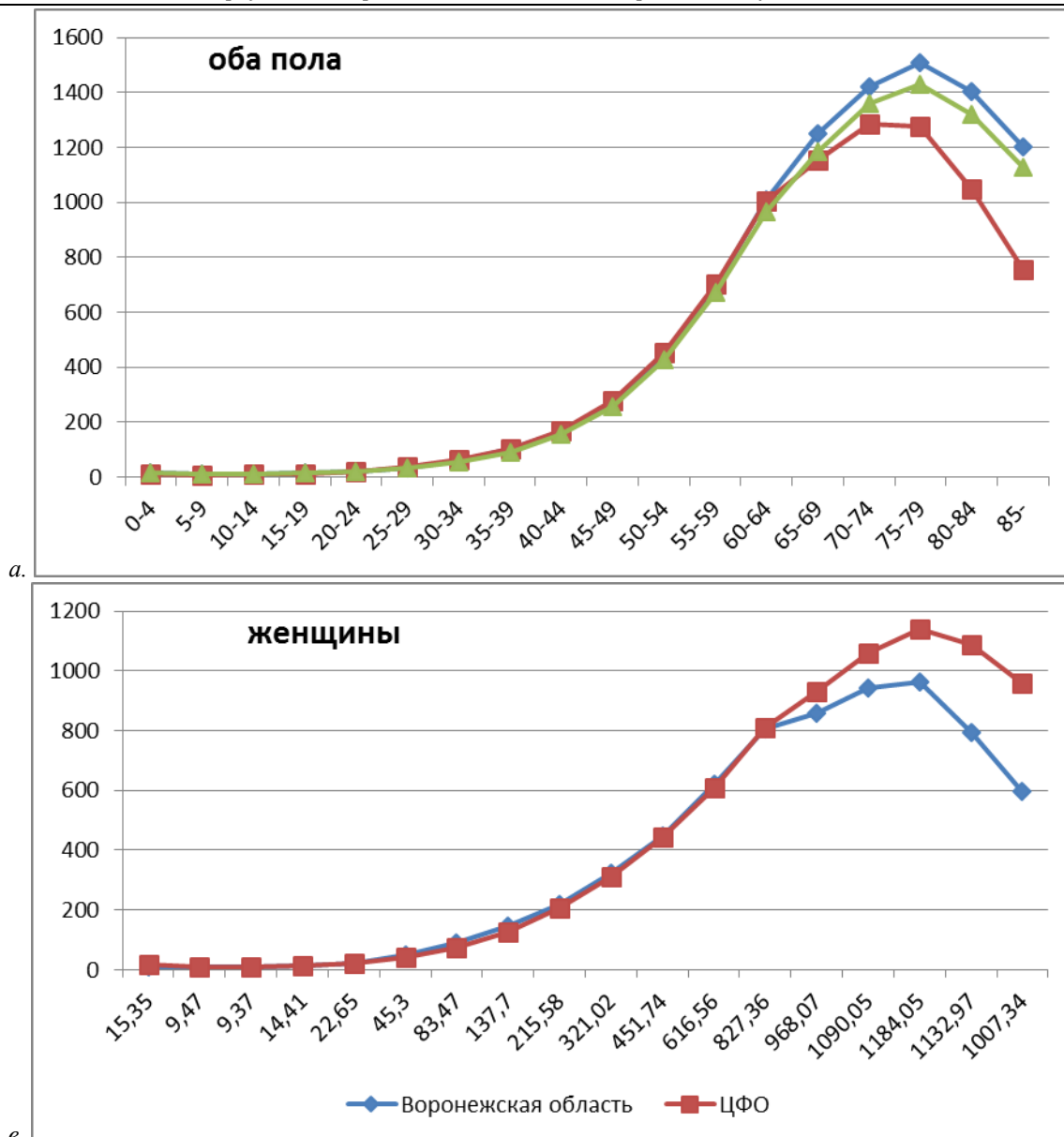


Рисунок 8. Повозрастные показатели заболеваемости ЗНО в РФ, ЦФО и Воронежской области на 100 тыс. соответствующего населения, оба пола (а), женщины (б), 2016 г.

У женщин в Воронежской области отмечается более пологий подъем уровня показателя, начиная с возрастной группы 60-64 года (808,8) достигая пика в возрасте 75-79 лет (963,7). Показатель заболеваемости в ЦФО и РФ в этой же возрастной группе составляет 1139,8 и 1184,1 соответственно. За 10 лет тенденции распределения повозрастных показателей заболеваемости ЗНО мужчин и женщин в Воронежской области существенно не изменились.

При сравнении повозрастных показателей заболеваемости ЗНО различных локализаций у женщин Воронежской области 2006 и 2016 гг., можно отметить снижение уровня показателей при ЗНО желудка во всех возрастных группах, кроме старших 80 лет и старше, наибольшее значение в 2006 г. 89,8 в возрасте 75-79 лет, в 2016 г. 67,1 в возрасте 80-84 года. При ЗНО ободочной кишки увеличение уровня показателя наблюдается с возрастной группы 55-59 лет – в 2006 г. далее идет

постепенное увеличение показателя до максимума 57,3 в возрасте 80-84 года, а в 2016 г. резкий рост показателя до 99,6 в возрасте 75-79 лет. При ЗНО трахеи, бронхов, легкого отмечается аналогичная тенденция – до возрастной группы 55-59 лет значение показателей и 2006 г. и 2016 г. имеют схожие уровни, затем в 2016 г. отмечается резкий рост показателя до 59,8 в возрасте 75-79 лет, в 2006 г. рост показателя плавный, максимум отмечается в той же возрастной группе, но уровень значительно ниже – 35,6. При заболеваниях шейки матки за десятилетие отмечается сдвиг максимума показателя в более молодые возрастные группы в 2016 г. максимум 36,0 отмечается в возрасте 40-44 года, а в 2006 г. максимум 28,0 отмечался в возрастной группе 65-69 лет. Некоторое «омоложение» пика заболеваемости отмечается и при ЗНО яичника в 2016 г. он отмечается в возрастной группе 45-49 лет, но уровень его 35,3 несколько ниже уровня максимума 38,3 в возрастной группе

50-54 года в 2006 г. Максимум показателя заболеваемости ЗНО тела матки за исследуемый период также несколько сместился с возрастной группы 55-59 лет в 2006 г. (90,5) на группу 65-69 лет (145,0) в 2016 г. Уровень повозрастных показателей заболеваемости ЗНО щитовидной железы в целом в 2016 г. выше чем в 2006 г., отмечаются два максимума 26,5 в возрасте 35-39 лет и 27,7 в возрастной группе 55-59 лет, в 2006 г. пик заболеваемости приходился на возраст 60-64 года и составлял 19,3 на 100 тыс. соответствующего возраста.

#### Выводы.

Таким образом, в Воронежской области у женщин при 10-летнем наблюдении мы зафиксировали снижение уровня показателей при ЗНО желудка во всех возрастных группах, ЗНО ободочной кишки увеличение уровня показателя с резким ростом до 99,6 в возрасте 75-79 лет, и при ЗНО трахеи, бронхов, легкого отмечается аналогичная тенденция. При заболеваниях шейки матки за десятилетие отмечается сдвиг максимума показателя в более молодые возрастные группы. Некоторое «омоложение» пика заболеваемости отмечается и при ЗНО яичника. Максимум показателя заболеваемости ЗНО тела матки за исследуемый период также несколько сместился с возрастную группу 55 и старше в группу 60 и старше.

#### Список литературы.

1. Государственная программа Развитие Здравоохранения до 2020 года. [https://static1.rosminzdrav.ru/system/attachments/attaches/000/018/738/original/%D0%A2%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B0%E2%84%96\\_1.pdf?1391083150](https://static1.rosminzdrav.ru/system/attachments/attaches/000/018/738/original/%D0%A2%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D0%B0%E2%84%96_1.pdf?1391083150)
2. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Злокачественные новообразования в России в 2016 году (заболеваемость и смертность): МНИОИ им. П.А. Герцена - филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2018. - илл. - 250 с. ISBN 978-5-85502-234-6, УДК 616 - 006.04:312.6(470) «2016»
3. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. Состояние онкологической помощи населению России в 2016 году.: МНИОИ им. П.А. Герцена - филиал ФГБУ «НМИЦ» Минздрава России, 2017. - илл. - 236 с. ISBN 978-5-85502-231-5, УДК 616 - 006.04 - 082 (470) «2016»
4. Петрова Г.В., Каприн А.Д., Грецова О.П., Старинский В.В., Злокачественные новообразования в России обзор статистической информации за 1993-2013 гг./ под общей редакцией чл.-корр. РАН, проф.А.Д. Каприна, проф.В.В. Старинского/ М.: МНИОИ им. П.А. Герцена/филиал ФГБУ «НМИЦ» Минздрава России, 2015. -511 с.
5. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В., Злокачественные новообразования в России в 2006 году (заболеваемость и смертность) - М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологий», 2008. - 244 с.: ил. ISBN 5-85502-120-3
6. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В., Злокачественные новообразования в России в 2007 году (заболеваемость и смертность) - М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологий», 2009. - 244 с.: ил. ISBN 5-85502-120-3
7. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В., Злокачественные новообразования в России в 2008 году (заболеваемость и смертность) - М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Росмедтехнологий», 2010. - 256 с.: ил. ISBN 5-85502-024-X
8. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В., Злокачественные новообразования в России в 2009 году (заболеваемость и смертность) - М.: ФГУ «МНИОИ им. П.А. Герцена Минздрава России», 2011. - 260 с.: ил. ISBN 9785-85502-046-0
9. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В., Злокачественные новообразования в России в 2010 году (заболеваемость и смертность) - М.: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздрава России. -2012. - ил. - 289 с. ISBN 978-5-85502-154-7
10. Чиссов В.И., Старинский В.В., Петрова Г.В., Злокачественные новообразования в России в 2011 году (заболеваемость и смертность) - М.: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздрава России. -2013. - ил. - 289 с. ISBN 978-5-85502-179-0
11. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В., Злокачественные новообразования в России в 2012 году (заболеваемость и смертность) - М.: ФГБУ «МНИОИ им. П.А. Герцена» Минздрава России. 2014. - илл. 250 с. ISBN 978-5-85502-193-6
12. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В., Злокачественные новообразования в России в 2013 году (заболеваемость и смертность) - М.: МНИОИ им. П.А. Герцена - филиал ФГБУ «ФМИЦ им. П.А. Герцена» Минздрава России. 2015. - илл. 250 с. ISBN 978-5-85502-205-6
13. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В., Злокачественные новообразования в России в 2014 (заболеваемость и смертность) - М.: МНИОИ им. П.А. Герцена - филиал ФГБУ «НМИЦ» Минздрава России, 2016. - илл. - 250 с. ISBN 978-5-85502-219-3
14. Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В., Злокачественные новообразования в России в 2015 (заболеваемость и смертность) - М.: МНИОИ им. П.А. Герцена - филиал ФГБУ «НМИЦ» Минздрава России, 2017. - илл. - 250 с. ISBN 978-5-85502-227-8



**Bychkova S.A.***Candidate of medical science, associate professor military therapy department,  
Ukrainian military medical academy***Morozova Z.V.***Candidate of medical science, associate professor internal medicine department №1 Bogomolets National  
Medical University*

## IMMUNE STATUS OF PATIENTS WITH COMORBID PATHOLOGY

**Summary.** Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and cardiovascular diseases are considered as the leading causes of death and mortality in developed countries, the clinical significance of which increases progressively as far as the aging of population. In recent decades was formed COPD in a combination with metabolic syndrome (MS), which is another global disease of civilization and progress, which was a blend of overweight or obesity with hypertension, lipid and carbohydrate metabolism and diabetes. To correct the main manifestations of dyslipidemia as a major component of MS has been successfully using the statins all over the world. The aim of current study was to determine the effect of atorvastatin on parameters of cellular and humoral immune system and the functional activity of immune cells in patients with COPD, combined with arterial hypertension (AH) and MS. The study involved 43 patients with A group of COPD, combined with AH and MS and 75 patients with B group of COPD, combined with AH and MS. All patients were evaluated by indicators of immune status, which included the tests of I and II levels as required by the Memorandum of WHO. We established the immune corrective role of statins (atorvastatin) in the treatment of patients with COPD, combined with AH and MS, which is the presence of anti-inflammatory action, reducing the symptoms of autoimmune disorders, reducing the relative content of activated lymphocyte subpopulations and elimination of imbalance of the immune complexes.

**Keywords:** *Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Arterial Hypertension, Metabolic Syndrome, Atorvastatin, Immunity.*

**The problem and its setting.** Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and cardiovascular diseases are considered as the leading causes of death and mortality in developed countries, the clinical significance of which increases progressively as far as the aging of population [1, p.367]. Thus, according to the WHO in 2005 in the world among all deaths 30% occupied by cardiovascular causes, 13% - cancer, 2% - diabetes and 7% - COPD. It is believed that over the next 10 years, COPD will take second place as a cause of death in the population [7, p.347]. Also, COPD and Arterial hypertension (AH) have the same pathogen feature as subclinical inflammation, which include disturbances in different parts of immune system.

### **Analysis of recent research and publications.**

One of the classic features of a patient, who suffers from COPD, always has been reduced body weight as a result of muscular dystrophy, which is caused by disorder of metabolism under the influence of systemic inflammation, hypoxia, and prolonged use of  $\beta_2$ -agonists [2, p.13]. However, in recent decades was formed COPD in a combination with metabolic syndrome (MS), which is another global disease of civilization and progress, which was a blend of overweight or obesity with hypertension, lipid and carbohydrate metabolism and diabetes. Overweight alongside smoking are the main risk factors for general morbidity and mortality all over the world. Thus both overweight and smoking may interact synergistically and be associated with the development of insulin resistance, oxidative stress, and increased content of cytokines and other inflammatory markers, which currently leads to endothelial dysfunction, cardiovascular disease and high risk of other diseases [1, p.368; 6, p.47]. In recent years, we can see active developing of the study of systemic effects in COPD when patients with this dis-

ease showing signs of diseases of the cardiovascular system and features of MS [6, p.46]. Arterial hypertension (AH) is one of the main components of MS, which has the great influence to the development of COPD, results of the disease. To correct the main manifestations of dyslipidemia as a major component of MS has been successfully using the statins all over the world. The appearance reductase inhibitors of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A, or statins, have made a revolution in the treatment of hypercholesterolemia. Statins are drugs that are most commonly prescribed to treat these conditions because of their effectiveness in reducing the content of low density lipoprotein (LDL) and good tolerance and safety of use.

**Identification of previously unsolved problems.** It is known that chronic inflammatory changes in the immune system combined with changes in lipid metabolism in blood, liver, adipose and other tissues. In the scientific literature it is discussed two main mechanisms of integrating lipid metabolism and immune responses, one of which is associated with the synthesis of cholesterol and other - with activity of superfamily of nuclear X-receptors. It is proved that statins have a multipronged effect - anti-inflammatory, immunomodulatory and antiatherogenic.

**Purpose of work** – to determine the effect of atorvastatin on parameters of cellular and humoral immune system and the functional activity of immune cells in patients with COPD, combined with AH and MS.

**Materials and Methods.** The study involved 47 patients with A group of COPD and presence of the metabolic syndrome (group 1) and 81 patients with B group of COPD and metabolic syndrome (group 2), the average age was  $51,3 \pm 4,2$  years. All the patient

had the II stage of AH. The diagnosis of COPD is established according to the Order of Ministry of Health of Ukraine № 555 [4, p.12]. The diagnosis of MS was established on the basis of detailed anamnesis, clinical, laboratory and instrumental methods in identifying the main criteria for the syndrome on the recommendations of the International diabetes Federation (IDF), 2005 [3, p.5]. All patients were examined during remission of COPD and were treated with basic therapy of prolonged inhaled anticholinergic drugs and short on-demand drugs without inhaled corticosteroids. To correct the existing violations of lipid metabolism in MS, patients were treated with atorvastatin at a daily dose of 10 mg. To achieve the target blood pressure levels, all patients with AH received enalapril at a daily dose of 20 - 40 mg, if not successful it was added amlodipine in dose of 10 mg. The control group consisted of 36 healthy persons randomized by age and sex, with no signs of MS, AH and COPD. All patients were evaluated by indicators of immune status, which included the tests of I and II levels as required by the Memorandum of WHO [5, p.26]: quantitative assessment of the major populations and subpopulations of lymphocytes, determination of activated subpopulations of lymphocytes CD54 +, CD95 +, HLA-

DR +, CD25 +, levels of pro-and anti-inflammatory cytokines determine spontaneous and mitogen-induced lymphocyte proliferative activity, the level of circulating immune complexes (CIC) of different molecular weight in the serum and the phagocytic activity of peripheral blood neutrophils, the concentration of serum immunoglobulins (IgG, IgA, IgM). Immunological examination was performed twice before carrying statin therapy and in the dynamics after 3 months of continuous use.

**Results and Discussion.** As a result of studies, we found that in the first group of patients with COPD I stage combined with MS, the main indicators of lymphocyte populations did not have probable differences in the values of the control group ( $p > 0,1$ ) and did not significantly change in the dynamics of treatment (Table 1). The relative number of T, B lymphocytes and NK-cells had no significant differences in the values of the healthy people. The same trend was found for the percentage of key immunoregulatory subpopulations - T-helper and T-cytotoxic lymphocytes/ suppressor whose content in the peripheral blood of patients in group 1 parameters consistent treatment of the dynamics of the control group ( $p > 0,1$ ).

**Table 1**

The content of basic and activated populations and subpopulations of Lymphocytes in the peripheral blood of patients with COPD with AH and MS in dynamic of treatment ( $M \pm m$ )

Indicators	Group 1 (n=47)		Group 2 (n=81)		Control group (n=36)
	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment	
Leukocytes, $10^9/\mu$	$6,24 \pm 1,13$	$6,11 \pm 1,18$	$6,36 \pm 1,19$	$6,25 \pm 1,09$	$6,76 \pm 0,82$
Lymphocytes, %	$33,26 \pm 1,31$	$32,85 \pm 1,27$	$41,15 \pm 2,75^*$	$36,4 \pm 2,18^*x$	$31,64 \pm 3,90$
CD3+ lymphocytes, %	$64,73 \pm 3,45$	$65,28 \pm 3,21$	$61,30 \pm 2,86$	$64,55 \pm 3,68$	$65,85 \pm 6,55$
CD4+ lymphocytes, %	$35,40 \pm 1,84$	$34,74 \pm 1,65$	$41,78 \pm 1,86^*$	$37,62 \pm 1,26^*x$	$33,23 \pm 3,90$
CD8+ lymphocytes, %	$22,48 \pm 0,96$	$22,13 \pm 1,04$	$17,24 \pm 0,85^*$	$18,28 \pm 0,95$	$21,50 \pm 2,01$
CD4+/CD8+	$1,57 \pm 0,11$	$1,56 \pm 0,10$	$2,42 \pm 0,13^*$	$2,07 \pm 0,11^*x$	$1,55 \pm 0,29$
CD22+lymphocytes, %	$25,54 \pm 1,17$	$24,93 \pm 1,15$	$31,45 \pm 1,13^*$	$27,56 \pm 1,12$	$24,03 \pm 1,50$
CD16+lymphocytes, %	$16,29 \pm 0,87$	$17,03 \pm 1,01$	$16,92 \pm 0,93$	$17,34 \pm 1,02$	$18,85 \pm 2,30$
CD25+lymphocytes, %	$12,31 \pm 0,24^*$	$9,03 \pm 0,56x$	$15,61 \pm 0,45^*$	$11,74 \pm 0,36^*x$	$8,96 \pm 0,39$
HLA-DR+ lymphocytes, %	$14,72 \pm 0,31^*$	$12,81 \pm 0,32x$	$17,61 \pm 0,29^*$	$15,47 \pm 0,21^*x$	$12,3 \pm 1,27$
CD95+lymphocytes, %	$4,98 \pm 0,12^*$	$3,14 \pm 0,09x$	$7,35 \pm 0,11^*$	$5,16 \pm 0,08^*x$	$3,04 \pm 0,09$
CD54+lymphocytes, %	$18,36 \pm 0,61^*$	$14,28 \pm 0,37^*x$	$21,02 \pm 1,01^*$	$17,73 \pm 0,89^*x$	$11,07 \pm 1,65$

Notes: - probability of difference of about the control ( $p < 0,05$ );

x- Probability of difference in dynamic of treatment ( $p < 0,05$ );

n- Number of patients

In the patients of the second group relative content of CD3 + and CD16 + cells in peripheral blood was not significant differences in the values in healthy ones as well as the dynamics of treatment, but it was discovered phenomenon of B-lymphocytosis, when the relative number of CD22 + cells exceeded the rate of the control group at 23, 59% ( $p < 0,05$ ). In the dynamics of statins treatment was observed decrease in the percentage of CD22 + cells at 12,37% ( $p < 0,05$ ), but with a significant predominance over the number of healthy patients to 12,81% ( $p < 0,05$ ). In patients of the second group was found fundamental imbalance of immunoregulatory subpopulations relative predominance of CD4 + T cells, leading to growth rate immu-

noregulatory index to 35,95% compared with healthy individuals. Such disturbances in the immune status are inherent, usually in patients with asthma when the basis for the pathogenesis of allergic inflammation is a reverse airflow obstruction, combined with the excessive formation of IgE. In our group of patients during the dilated bronchial test repeatedly confirmed irreversible airflow obstruction with no or little increase forced expiratory volume in 1 second (FEV1), which is one of the main criteria for the diagnosis of COPD. Thus, these changes in the immune system that are in imbalance contents of T-helper cells and T-lymphocyte cytotoxic / suppressor due to the presence of AH and MS, for which are typical autoimmune

changes. In the dynamics of inclusion atorvastatin treatment was a significant decrease in immune regulatory index of 1,17 times, but it remained higher than the standard values at 25,12% ( $p < 0,05$ ). The content of activated lymphocyte subpopulations of CD25 + phenotype in patients of group 1 before treatment exceeded the control group on the rate of 37, 4% ( $p < 0,05$ ), but in the dynamics of treatment with atorvastatin inclusion it decreased by 26,6% ( $p < 0,05$ ) to normative values. In group II of patients the percentage of CD25 + lymphocytes exceeded the standard value at 74,2% ( $p < 0,05$ ), in the dynamics of treatment significantly decreased by 24, 8% ( $p < 0,05$ ), but remained above the level of healthy individuals to 31,03% ( $p < 0,05$ ). Similar changes were characteristic of activated HLA-DR + lymphocytes, the content of which in the first group of patients was higher than grandstanding healthy individuals at 16,44% ( $p < 0,05$ ), and the second - to 43,17% ( $p < 0,05$ ) in the dynamic of treatment both parameters significantly decreased by 12,98% and 12,15%, but in the second group it remained significantly higher than in healthy individuals at 25,77% ( $p < 0,05$ ). Number of activated lymphocytes that express FAS-receptor in patients of group 1 was significantly higher than the value of healthy individuals at 38,96 % ( $p < 0,05$ ) and dynamic of treatment significantly decreased to normative values, while in the second group of patients was higher

than normal - at 2,41 times ( $p < 0,05$ ), in dynamic of treatment decreased, but exceeded the rate in the control group in 1,70 times ( $p < 0,05$ ). The relative number of CD54 + subpopulation of lymphocytes in both groups of patients to treatment exceeded the rate of healthy persons in 1,66 ( $p < 0,05$ ) and 1,90 times ( $p < 0,05$ ), in dynamic of treatment decreased the quantity of this subpopulation of lymphocytes however, their number exceeded the level of healthy individuals at 29,01% ( $p < 0,05$ ) and 60,16% ( $p < 0,05$ ).

As it can be seen from the data presented in Table 2, spontaneous proliferative activity of lymphocytes in both groups of patients was increased without significant differences between them. In the dynamics of treatment was probable decline of index of spontaneous RBTL in group 1 ( $p < 0,05$ ) at 1,49 times the values of healthy individuals ( $p > 0,1$ ), while in the second group - only 1,16 times ( $p < 0,05$ ), which exceeded the control group at 35,77% ( $p < 0,05$ ). The index of stimulated PHA RBTL in group 1 had probable difference from healthy individuals in dynamic of treatment, and in patients of the second group during the primary examination, it was raised to 11,76% ( $p < 0,05$ ), and in dynamic of treatment significantly decreased to values of healthy individuals. Phagocytic activity of neutrophils, which was estimated by counting the number of phagocytes (NF) and phagocytic index (FI) in both groups of patients, was reduced.

**Table 2**

The indicators of functional activity of immune competent cells in COPD patients with AH and MS in dynamics treatment with statins ( $M \pm m$ )

Indicators	Group 1 (n=47)		Group 2 (n=81)		Control group (n=36)
	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment	
RBTL spontaneous,%	2,87 ± 0,12 *	1,92±0,11*	3,18±0,11*	2,74±0,09*x	1,76±0,61
RBTL with PGA,%	80,24 ± 3,16	78,17±3,21	89,41±3,22*	79,45±3,06	80,0±4,70
Phagocyte's Number (NP)	5,02 ± 0,16*	5,61±0,18x	4,68±0,17*	5,31±0,21*x	6,50± 0,60
Phagocyte index (PI), %	52,68±2,75*	63,24±2,84x	51,26±2,52*	60,21±2,43x	69,80±7,20

Notes \* - probability of difference of index due to the control ( $p < 0,05$ );

x - Probability of difference of index in dynamic of treatment ( $p < 0,05$ );

n- Number of patients

The dynamics of treatment in group 1 figure NP increased by 11,75% ( $p < 0,05$ ), and PI - by 20,04% ( $p < 0,05$ ) to the values of the control group. In the second group also occurred partly recovery parameters: phagocytic number increased to 13,46% ( $p < 0,05$ ), and

the phagocytic index - by 17,46% ( $p < 0,05$ ), but did not reach the level of the control group.

Influence of statin therapy on serum concentrations of IgG and CIC is given in Table 3.

**Table 3**

Dynamics of humoral immune system indicator's in patients with COPD, combined with AH and MS (M±m)

Indicators	Group 1 (n=47)		Group 2 (n=81)		Control group (n=36)
	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment	
Ig G, g/l	14,75 ± 0,98	14,95±1,08	16,28±1,17*	16,36±1,05*	12,68±1,42
Ig A, g/l	1,31 ± 0,12	1,34±0,11	1,06±0,13*	1,02±0,18*	1,52±0,19
Ig M, g/l	0,96 ± 0,06	0,97±0,09	0,95±0,10	0,97±0,11	0,98±0,09
CIC large (> 19 S), conventional units	23,02±0,41*	35,14±0,81*x	21,17±0,49*	33,75±1,12* x	51,7±3,12
CIC medium (11-19S), conventional units	55,28 ± 2,36*	42,73±1,22*x	61,55±2,34*	46,94±1,63 * x	34,54±2,02
CIC small (<11 S), conventional units	43,22±1,64*	18,96±0,73*x	52,37±1,72*	24,39±1,05* x	10,94±1,13

Notes \* - the probability of difference of the index in the control (p&lt;0,05);

x - the probability of difference of the index in the dynamics of treatment (p&lt;0,05);

n - number of patients

As can be seen from the data presented in Table 3, patients of group 1 in the dynamics of treatment with the inclusion of atorvastatin was seen likely changes in serum levels of IgG, IgM, IgA, their concentration is consistent with normative values (p>0,1). In group 2 patients found an increased content of serum IgG and significantly lower than the control group level data IgA, the dynamics of treatment there was no significant change in both indicators, which may be due to the formation of antibodies in response to antigenic stimulation of microbial frequent exacerbations of COPD. In both groups, the patients with primary immunological study revealed an imbalance of serum CIC with a significant prevalence of pathogenic CIC content. Atorvastatin had a significant positive impact on content as pathogenic and physiological CIC. In group 1 content of the average molecular

CIC significantly decreased by 29,37% (p<0,05), and small - to 127,95% (p<0,05), while increasing the content CIC large - at 52,65% (p<0,05). In group II patients the level of pathogenic CIC small and medium size was significantly higher than those of the healthy subjects and those of the group 1, the dynamics of inclusion atorvastatin treatment decreased their level respectively 1,31 (p<0,05) and 2,15 times (p<0,05), but both values significantly higher than levels in healthy individuals in 1,36 (p<0,05) and 2,23 times (p<0,05). The level of physiological CIC large size was reduced, and the dynamics of treatment increased to 1.59 times (p<0,05), but has not reached the performance of the control group and remained lower at 1,53 times (p <0,05). Serum levels of cytokines in patients with COPD, combined with AH and MS, in dynamics of treatment are presented in Table 4.

**Table 4**

Serum levels of cytokines in patients with COPD, combined with AH and MS, in the dynamics of complex treatment (M±m)

Indicators	Group 1 (n=47)		Group 2 (n=81)		Control group (n=36)
	Before treatment	After treatment	Before treatment	After treatment	
TNF-α, пг/мл	123,6 ± 9,5*	61,5±5,7*x	126,9±7,5*	77,9±3,12*x	42,3±4,9
IL-1β, пг/мл	110,6±7,1*	54,7±6,8 x	105,1±6,8*	72,6±3,82*x	39,42±4,5
IL-6, пг/мл	36,2±1,6*	17,8±1,9*x	68,3±2,2*	24,7±1,31*x	10,31±2,3
IL-4, пг/мл	22,4±1,7	24,7±1,8	17,5±1,1*	22,7±1,2 x	25,42±3,3

Notes \* - the probability of difference of the index in the control (p&lt;0,05);

x - the probability of difference of the index in the dynamics of treatment (p&lt;0,05);

n - number of patients

As can be seen from the data presented in Table 4, patients of group 1 in serum was found increased proinflammatory cytokines TNF-α at 2,92 times (p<0,05), IL-1β - at 2,81 times (p<0,05) and IL -6 - to 3,51 times (p<0,05) compared with healthy individuals. The dynamics of the combined treatment was significant reduction in serum levels of proinflammatory cytokines, which, however, still higher than standard rates. In the second group of patients was also found growing content of proinflammatory cytokines, but the degree of increase was uneven with a significant prevalence of elevated levels of IL-6 (6,62 times relative standard values). The dynamics of treatment

decreased serum concentrations of TNF-α at 1,64 times (p<0,05), IL-1β - at 1,46 times (p<0,05) and IL-6 - at 2,77 times (p<0,05). However, their level is significantly lower than in healthy individuals. In the second group of patients with primary immunological study found reduced levels of anti-inflammatory IL-4, which after treatment was significantly increased to 1,3 times the level of healthy subjects (p>0,1).

**Conclusions.**

1. Established immune-corrective role of statins (atorvastatin) in the treatment of patients with COPD, combined with AH and MS, which is the presence of anti-inflammatory action, reducing the symptoms of

autoimmune disorders, reducing the relative content of activated lymphocyte subpopulations and elimination of imbalance of the CIC.

2. In patients with group B COPD, combined with AH and MS, appear to be more profound changes in the immune system, which is a partial recovery after a 3-month course of therapy with atorvastatin.

3. Revealed changes in the immune system and their partial recovery under the action of atorvastatin is the basis for the use of immune modulators in these patients.

#### References:

1. Agusti A.G. Systemic effects of chronic obstructive pulmonary disease // Proc. Am. Thorac. Soc.-2005.-V. 2(4).-P.367-370.

2. Berezin AE. Chronic obstructive pulmonary disease and cardiovascular risk // Ukrainian Medical Journal «Chasopys».- 2009.-V. 2(70).-P.12-18.

3. Diagnosis and treatment of metabolic syndrome, diabetes, and cardiovascular diseases. Methodological recommendations. - K -2009.- 40s

4. Order No.555 of the Ministry of Health of Ukraine as of June 27, 2013. On Approval and Implementation of Medico-Technological Documents on Standardization of Medical Care for Chronic Obstructive Pulmonary Disease. [http://www.moz.gov.ua/ua/portal/dn\\_20130627\\_0555.html](http://www.moz.gov.ua/ua/portal/dn_20130627_0555.html)

5. Perederij V.G., Zemskov A.M., Bychkova N.G., Zemskov V.M. Immune status, the principles of its detection and correction of the immune disturbances.- Kyiv.: Zdorovja.-1995.-211p.

6. Prozorov G.G., Volkorezov I.A., Pashkova O.B. Features of Clinically flow of the COPD: the role of systemic inflammation // Clearing aspects of medicine.- 2009.-V. 12(2).-P.46 -49.

7. Vestbo J. Global strategy for the diagnosis, management and prevention of COPD – COPD executive summary / J. Vestbo, S.S. Hurd, A. Agusti // American Journal Respiration. – 2013. – Vol.187. – P.347-365.

**Goncharuk N.P.,**

*Candidate of Medical Sciences,*

*Chief Doctor of Kyiv Municipal Maternity Hospital № 1*

**Kovyda N.R**

*Gynecologist of Kyiv Municipal Maternity Hospital № 1*

**Гончарук Наталія Петрівна**

*Кандидат медичних наук,*

*головний лікар Київського міського пологового будинку № 1*

**Ковида Наталія Романівна**

*Лікар акушер-гінеколог*

*Київського міського пологового будинку № 1*

## OPTIMIZATION OF THE MANAGEMENT WOMEN WITH ANOMALIES OF LABOR ACTIVITY

### ОПТИМІЗАЦІЯ ВЕДЕННЯ ЖІНОК З АНОМАЛІЯМИ ПОЛОГОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

The article deals with the history of labor genera with anomalies of labor activity. The most common causes of the occurrence of abnormalities in labor activity are established. Approaches of conducting women with anomalies of labor activity optimized.

**Key words:** cesarean section, anomalies of labor activity

У роботі проаналізовано історії пологів роділей з аномаліями пологової діяльності. Встановлено найчастіші причини виникнення аномалій пологової діяльності. Оптимізовано підходи ведення жінок з аномаліями пологової діяльності

**Ключові слова:** кесарів розтин, аномалії пологової діяльності

Однією з найактуальніших проблем сучасної перинатальної медицини є патологія скоротливої діяльності матки, яка спостерігається у кожній п'ятій жінки [1, 2].

Для розробки найбільш ефективної профілактики і терапії аномалій пологової діяльності (АПД) потрібні фундаментальні знання про механізм скорочення міометрію на молекулярному і клітинному рівні, а також розуміння процесів, що ведуть до структурних змін у шийці матки під час пологів.

Протягом останніх чотирьох десятиліть скорочення тіла матки і розкриття шийки матки під час пологів розглядали переважно з таких теорій:

- контракції – ретракції – дистракції;

- «гідралічного клину»;

- «потрійного низхідного градієнта», при якому хвиля збудження від водія ритму, що розташований у правому розі матки, переходить на лівий кут матки, тіло і нижній сегмент.

Диференціальна діагностика гіпотонічної та гіпертонічної дисфункції матки залишається однією з найважливіших проблем акушерства. Це зумовлено тим, що значні складнощі, пов'язані зі встановленням точного клінічного діагнозу, нерідко є перешкодою при виборі вірної тактики ведення роділь [3,4].

У більшості нормативних актів та навчально-методичної літератури диференціальну діагностику

ку рекомендують засновувати на аналізі частоти, сили, тривалості переймів та інтервалу між ними [5, 6].

Зростання цього ускладнення в останні десятиліття змусило вітчизняних і зарубіжних вчених зайнятися вивченням даної проблеми, але до теперішнього часу дійсно ефективних шляхів рішення не знайдено. Число абдомінальних пологів, після операційних і післяпологових ускладнень, а також дитяча захворюваність в даній групі залишається вкрай високою [6-8].

**Мета роботи:** вивчення особливостей ведення жінок з аномаліями пологової діяльності на базі типового міського пологового будинку.

**Матеріали та методи.** У процесі виконання роботи було вивчено та проаналізовано диферен-

ційований підхід ведення жінок з аномаліями пологової діяльності.

Вагітних жінок було розподілено на 2 підгрупи за принципом рандомізації:

підгрупа 1 – жінки з аномаліями пологової діяльності, пологи у яких вели за загальноприйнятим алгоритмом, (n=150)

підгрупа 2 – жінки з аномаліями пологової діяльності, пологи у яких вели за розробленим алгоритмом, (n=150)

При аналізі розродження жінок з аномаліями пологової діяльності (табл. 1) було встановлено, що в групі 1 кесарів розтин становив  $95,3 \pm 1,7\%$ , а в групі 2 –  $80,0 \pm 3,3\%$ . Кількість фізіологічних пологів в 4 рази вищий в групі 2 ( $20,0 \pm 3,3\%$ ) в порівнянні з групою 1 ( $4,7 \pm 1,7\%$ ).

Таблиця 1

**Ведення пологів у жінок з аномаліями пологової діяльності**

Патологія	Досліджувані підгрупи	
	1 Абс. (% $\pm$ m%)	2 Абс. (% $\pm$ m%)
Кесарів розтин	143 ( $95,3 \pm 1,7$ )	120 ( $80,0 \pm 3,3$ )
Фізіологічні пологи	7 ( $4,7 \pm 1,7$ )	30 ( $20,0 \pm 3,3$ )

В подальшому, нами був проведений аналіз показань до проведення кесаревого розтину у жі-

нок з аномаліями пологової діяльності у досліджуваних підгрупах (рис. 1).

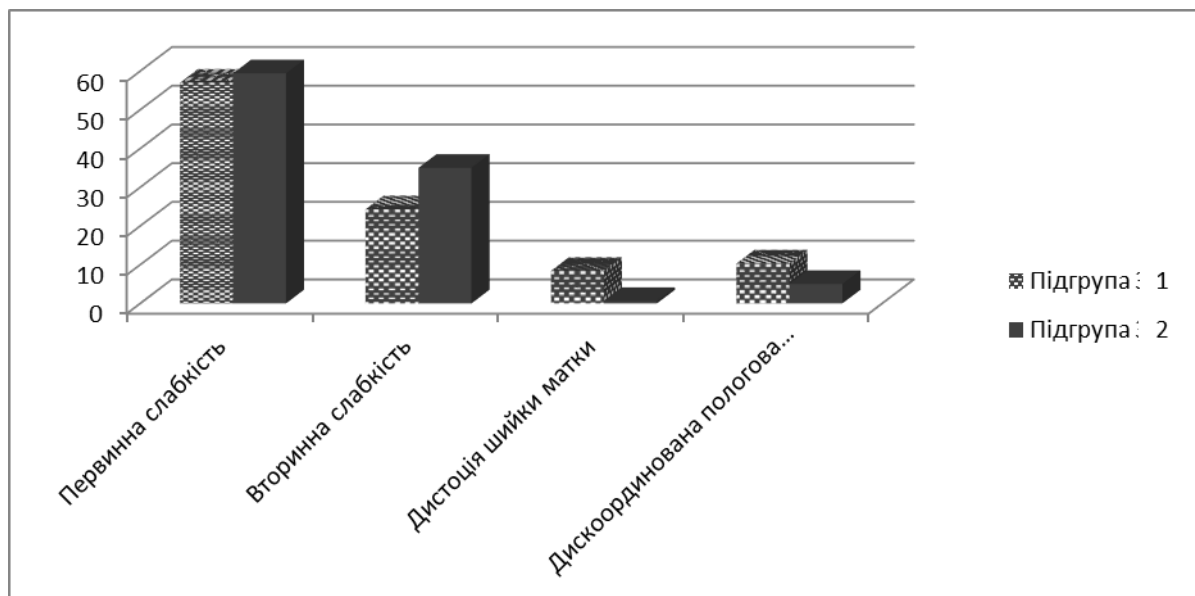


Рис. 1. Основні показання до КР у роділь з аномаліями пологової діяльності

При проведенні аналізу виявлено відмінність розподілу частоти основних показань до КР у породіль з аномаліями пологової діяльності у групах ( $p < 0,001$  за критерієм хі-квадрат). У структурі показань до оперативного розродження найвищий відсоток становила первинна слабкість пологової діяльності, що склала  $57,3 \pm 4,0\%$  та  $59,3 \pm 4,0\%$  у підгрупі 1 та підгрупі 2 відповідно.

Вагоме місце також займає показання вторинна слабкість пологової діяльності із динамікою до збільшення з  $24,0 \pm 3,5\%$  до  $35,3 \pm 3,9\%$  у відповідних досліджуваних підгрупах.

Необхідно відмітити значні зміни у структурі показань до розродження шляхом операції кесарів розтин у даної когорти жінок. Так, кількість показань дистоція шийка матки зменшилось з  $8,7 \pm 2,3\%$  до  $0,7 \pm 0,7\%$  у підгрупі 1 та 2 відповідно, а показання дискоординована пологова діяльність, що складала  $10,0 \pm 2,4\%$  у групі 1, було зведене до  $4,7 \pm 1,7\%$  у групі 2. Дана тенденція пояснюється розробленням нових критерії відбору кандидатур до пологозбудження та впровадження комплексних підходів до оцінки зрілості шийки матки.

Звертає на себе увагу наявність великої кількості патологічного прелімінарного періоду, що в

середньому становило  $26,0 \pm 2,5\%$  у досліджуваних підгрупах. Особливий інтерес представляють дані про клінічний перебіг пологів у жінок із патологічним прелімінарним періодом (табл. 2).

Таблиця 2

Патологія	Досліджувані підгрупи	
	1 Абс. (% $\pm$ m%)	2 Абс. (% $\pm$ m%)
Первинна слабкість	12 (30,8 $\pm$ 7,3)	9 (23,1 $\pm$ 6,7)
Вторинна слабкість	5 (12,8 $\pm$ 5,4)	2 (5,1 $\pm$ 3,5)
Дискоординована пологова діяльність	9 (23,1 $\pm$ 6,7)	4 (10,3 $\pm$ 4,9)
Стрімкі пологи	7 (17,9 $\pm$ 6,1)	3 (7,7 $\pm$ 4,3)

Несприятлива ситуація констатована в жінок із патологічним прелімінарним періодом у підгрупі 1 пролікованих за загальноприйнятими лікувально-профілактичними заходами. У них спостерігались різноманітні порушення скорочувальної активності матки, що мали місце практично у  $84,6 \pm 5,8\%$  випадків. Дуже показовою є і структура порушень скоротливої активності матки з переваженням первинної слабкості ( $30,8 \pm 7,3\%$ ) і високим рівнем дискоординованої пологової діяльності ( $23,1 \pm 6,7\%$ ) і стрімких пологів ( $17,9 \pm 6,1\%$ ) у групі 1.

Дана ситуація змінилася ( $p < 0,001$ ) після впровадження нами розробленого алгоритму. Кількість порушень скоротливої активності матки знизилась у два рази у групі 2. Так первинна слабкість становила  $23,1 \pm 6,7\%$ , вторинна слабкість –  $5,1 \pm 3,5\%$ , дискоординована пологова діяльність –  $10,3 \pm 4,9\%$  і стрімкі пологи –  $7,7 \pm 4,3\%$ .

В подальшому нами було проаналізовано частоту акушерської допомоги і оперативних втручань у жінок з патологічним прелімінарним періодом у досліджуваних групах (табл. 3).

Таблиця 3

#### Ведення пологів у жінок з патологічним прелімінарним періодом

Патологія	Досліджувані підгрупи	
	1 Абс. (% $\pm$ m%)	2 Абс. (% $\pm$ m%)
Пологозбудження	19 (48,7 $\pm$ 8,0)	14 (35,9 $\pm$ 5,7)
Кесарів розтин	18 (46,2 $\pm$ 8,0)	9 (23,1 $\pm$ 6,7)
Фізіологічні пологи	2 (5,1 $\pm$ 3,5)	16 (41,0 $\pm$ 7,9)

Частота пологозбуджень зменшилась із  $48,7 \pm 8,0\%$  у підгрупі 1 до  $35,9 \pm 5,7\%$  – у підгрупі 2; рівень кесарева розтину із  $46,2 \pm 8,0\%$  при використанні загальноприйнятої методики знизився до  $23,1 \pm 6,7\%$  – при застосуванні запропонованого алгоритму. Звертає на себе увагу показники кількості фізіологічних пологів у підгрупі 1 –  $5,1 \pm 3,5\%$ , а у підгрупі 2 –  $41,0 \pm 7,9\%$ , що свідчить про ефективність застосування розробленого алгоритму.

Отже, як показали результати проведених клінічних досліджень, пацієнтки із патологічним прелімінарним періодом складають групу високого ризику щодо розвитку аномалій пологової діяльності.

В подальшому нами було виявлено, що передчасний розрив плодових оболонок спостерігав-

ся у  $38,7 \pm 4,0\%$  в підгрупі 1 та  $40,7 \pm 4,0\%$  – в підгрупі 2, а раннє вилиття навколоплідних вод у  $25,3 \pm 3,6\%$  та  $27,3 \pm 3,6\%$  відповідно.

Отже, вищенаведені дві ознаки можна вважати важливими прогностичними предикторами аномалій пологової діяльності.

В подальшому нами було проведено оцінку зрілості шийки матки у жінок з передчасним розривом плодових оболонок у досліджуваних підгрупах (табл. 4). Особливої уваги заслуговує наявність великої кількості жінок із ПРПО з незрілою та недостатньо зрілою шийкою матки у двох підгрупах, що можна оцінювати як один з факторів розвитку аномалій скоротливої функції матки.

Таблиця 4

#### Оцінка зрілості шийки матки за шкалою Бішопа у жінок із ПРПО у досліджуваних підгрупах

Підгрупи	Незріла (0-2 балів). Абс. (% $\pm$ m%)	Недостатньо зріла (3-5 балів). Абс. (% $\pm$ m%)	Зріла (більше 6 балів). Абс. (% $\pm$ m%)
	1	8 (13,8 $\pm$ 4,5)	21 (36,2 $\pm$ 5,3)
2	5 (8,2 $\pm$ 3,5)	21 (34,4 $\pm$ 6,1)	35 (57,4 $\pm$ 6,3)

У досліджуваних підгрупах спостерігалась велика частота патології навколоплідних вод (багатоводдя та маловоддя). Зокрема, у підгрупі 1 багатоводдя спостерігалось у  $28,0 \pm 3,6\%$  жінок, а

маловоддя –  $7,3 \pm 2,1\%$ . У підгрупі 2 дані показники становили  $25,3 \pm 3,6\%$  та  $6,7 \pm 2,3\%$  відповідно (табл.5).

## Характеристика навколоплідних вод

Підгрупи	Багатоводдя Абс. (%±m%)	Маловоддя Абс. (%±m%)	Світлі н/в Абс. (%±m%)	Меконіальні н/в Абс. (%±m%)
1	42 (28,0±3,6)	11 (7,3±2,1)	107 (71,3±3,7)	43 (28,7±3,7)
2	38 (25,3±3,6)	10 (6,7±2,3)	109 (72,7±2,6)	41 (27,3±2,6)

Також був проаналізований характер навколоплідних вод. Так, наявність меконію у навколоплідних водах спостерігались практично в кожній третій жінки.

Отже, з вище наведеного випливає, що багатоводдя чи маловоддя, а також меконіальні навколоплідні води є фактором ризику розвитку аномалій пологової діяльності. При наявності хоча б одного з даних показників повинен проводитись більш ретельний нагляд за родилею та своєчасне і негайне реагування на зміни характеру пологової діяльності.

На момент початку пологової діяльності у досліджуваних групах ми оцінили зрілість шийки матки за шкалою Бішопа (табл. 6). Слід відмітити, що у підгрупі 1 у 11,6 % спостерігалась незріла шийка матки на момент початку пологової діяльності, а у підгрупі 2 – даний показник становив 4,7 %. Ця тенденція свідчить про впровадження нових підходів до підготовки шийки матки. Також необхідно відмітити, високий показник недостатньо зрілої шийки матки, що в середньому становив 36,5 % у досліджуваних підгрупах.

Таблиця 6

## Оцінка зрілості шийки матки за шкалою Бішопа

Підгрупи	Незріла (0-2 балів) Абс. (%±m%)	Недостатньо зріла (3-5 балів) Абс. (%±m%)	Зріла (більше 6 балів) Абс. (%±m%)
1	17 (11,3±5,6)	56 (37,3±3,9)	77 (51,4±4,1)
2	7 (4,7±1,7)	53 (35,3±5,9)	90 (60,0±4,0)

## Висновок:

Впровадження розробленого нами алгоритму ведення пологів у жінок з аномаліями пологової діяльності дозволило нам зменшити ( $p < 0,001$ ) кількість КР більше, ніж в 5 разів (з 20,9±2,1% в 2001 році до 4,0±0,7% в 2015 році), ВР=0,19 (95% ВІ 0,13 – 0,28).

Вагінальні пологи успішно здійснили в підгрупі 1 в 4,7%, роділь, а після застосування розробленого алгоритму 20,0±3,3% - в підгрупі 2. Тобто за рахунок впровадження розроблених нами тактик ведення та лікування патологічного прелімінарного періоду та ПРПО вдалося суттєво зменшити ( $p < 0,001$ ) кількість операцій, ВР=0,84 (95% ВІ 0,77 – 0,92).

## Використана література:

1. Markin LB. Pediatrics, Obstetrics and hinekolojiya. Prevention weakness of labor activity.- 2014 (2): 80-82.
2. Radzynsky VE Obstetric risk. A maximum of information mynimum danger to the mother and mladentsa. 2011: 285 .

3. Cooley S. How effective is amniotomy as a means of induction of labour? - Ir J Med Sci. - 2010(179) 3: 381-383.

4. Kostin I. Materials conference "Akusherskaya aggression. Causes. Effects. Ways and overcoming". Arzamas. Akusherskaya aggression in modern treatment and prevention ucherezhdennyah rodovspomozhenyya . 2009.

5. Ostafiychuk SA, Henyk NI, Drohomiretska NV. Actual issues of pediatrics, obstetrics and gynecology. Affiliate birth as prevention of obstetric and perinatal complications 2014(1) : 150-152.

6. Маркін Л.Б. Профілактика слабкості пологової діяльності /Л.Б. Маркін, М.М. Кучерова // Педіатрія, акушерство та гінекологія.– 2014. – № 2. – С. 80-82.

7. Радзинский В.Е. Акушерский риск. Максимум информации минимум опасности для матери и младенца / В.Е. Радзинский. – М., 2011. – 285 с.

8. Cooley S. How effective is amniotomy as a means of induction of labour? / S. Cooley, M. Geary, M. O'Connell // Ir J Med Sci. – 2010. Vol. 179. № 3. – P. 381-383.



<sup>1,2,3</sup> Shelekhov A. V., <sup>1,2,3</sup> Dvornichenko V. V., <sup>1,3</sup> Rasulov R. I., <sup>1</sup> Radostev S. I.,  
<sup>1</sup> Morikov D. D., <sup>1</sup> Zakharov A. G., <sup>1</sup> Medvednikov A. A., <sup>1,3</sup> Ushakova I. V.  
<sup>1</sup> State Budgetary Institution of Health Care "Regional Oncological Hospital"  
Chief medical officer Professor Victoria Dvornichenko V.  
<sup>2</sup> Irkutsk state medical University

Department of Oncology and radiation therapy

Head of the Department doctor of medical Sciences, Professor Viktoriia Dvornichenko

<sup>3</sup> Irkutsk state medical Academy of postgraduate education head of the Department doctor of medical Sciences, Professor Viktoriia Dvornichenko

## COMPARATIVE ANALYSIS OF CYTOREDUCTIVE OPERATIONS IN OVARIAN CANCER 3C STAGE.

### **Relevance of the problem:**

Ovarian cancer occupies the 5th place in the structure of cancer mortality in women, and the mortality rate of patients with ovarian cancer in the first year after diagnosis is 35%. The incidence of ovarian cancer increased from 56.9 cases per 100,000 population in 2003 to 74.6 in 2017 [1] in Russia. In 75% of cases, the disease is diagnosed at stage III-IV in young patients. Standard surgical treatment of ovarian cancer is commonly understood as the following operational scope: the extirpation of the uterus with appendages and omentektomiya (which in practice is performed in the amount of resection of the greater omentum, para-aortic and pelvic lymph node dissection, combined with multifocal biopsy of the peritoneum [2]. This surgical volume is indicated in I-II stages of the disease, but in most patients at the time of diagnosis, stage III of the disease is noted, where extirpation of the uterus and resection of the greater omentum can not be an adequate surgical option. An increasing number of oncological surgeons are inclined to choose the maximum possible cytoreductive intervention, with the removal of all visually defined foci of tumor screening [3], which qualitatively affects the overall life expectancy and relapse-free survival [4].

**The aim of the work:** introduction to the practice of Irkutsk Regional Oncology Hospital the application of cytoreductive surgery for ovarian cancer stage 3C.

**Material and methods:** present study is prospective in nature, made on the basis of Irkutsk Regional Oncology Hospital, the operation period of 2013 — 2018. The study included 85 patients diagnosed with stage 3 ovarian cancer.

All patients before the treatment stage were examined by standard organs and systems, including verification of malignant process.

The following regimen was used as neoadjuvant and adjuvant chemotherapy regimen: Docetaxel 75 mg/ m<sup>2</sup> /1 hour per 1 day, cisplatin 75 mg / m<sup>2</sup>/ 2 hours per 1 day every 3 weeks.

In addition to the use of standard and combined surgical procedures, we applied the procedure of hyperthermic intraperitoneal chemotherapy (HIPEC).

The procedure HIPEC was carried out on the apparatus of the Performer HT® [RAND, Medolla (MO), Italy].

The temperature conditions at the procedure of HIPEC ranged from 40,50 to 42,50 C according to the sensor installed in the abdominal cavity. Drugs of

choice were justified by a number of studies [5,6]. We used the drug Cisplatin from a dosage of 75 mg / m<sup>2</sup> [7].

The method of the procedure was selection of the optimal volume of lavage fluid, as well as selection and calculation of the dosage of the chemotherapy drug [5]. Then, after the implementation of the surgical volume, the drainage systems were set up: 2 drainage along the diaphragmatic surface (installed on the solution supply) and 2 drains in the small pelvis (installed on aspiration). The temperature probes were placed on the inlet and outlet of the drainage system, 1 sensor was installed in the abdominal cavity, and 1 sensor was installed in the esophagus. After reaching the required temperature of the liquid (of the order of 41.5 – 42 °C) began the process of filling the abdomen and holding the circulation of the solution before reaching the phase of "plateau". Approximately this period of time varies within 15-30 minutes depending on the growth-weight indicators. An additional point of the intraoperative benefit is the additional heating of the patient with an air gun at a temperature of 450 ° C. After reaching the desired temperature, the necessary dosage of the chemotherapy drug was introduced into the circulating medium. The course of the working procedure in all cases was 90 min, the flow rate ranged from 1000-1500 ml / min. After the procedure circulation, sampling was performed of the solution from the cavity of the abdomen without further rinsing with sterile solutions. Drains were installed for discharge, the average term of their setting was 4-6 days.

After a comprehensive treatment, all patients undergo follow-up with mandatory control of the level of tumor markers in the dynamics, the implementation of the entire volume of the necessary diagnostic procedures. The first control examination in patients is carried out 4 weeks after the end of adjuvant chemotherapy. In the future, the multiplicity of the examination is 3 months during the first year after treatment, and the next two years 1 every 4 months.

The calculation of the parameters of the effectiveness of the proposed treatment methods was performed in accordance with the requirements of the CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials). Survival of patients in clinical groups was calculated by Kaplan-Meier method.

### **Result of work:**

Patients included in the study were divided into 2 groups.

Control group (CG): patients diagnosed with ovarian cancer stage III-53 people, where the first stage was performed 3 courses of neoadjuvant chemotherapy; then surgery was performed in the volume of extirpation of the uterus with appendages, resection of the greater omentum. Then, in the same scheme in the postoperative period, adjuvant chemotherapy was carried out in the amount of 3 courses. This group recruited over the period 2013-2018. This treatment strategy up to 2016 was the main.

The basic group (BG) were patients diagnosed with ovarian cancer stage III (n = 32), where the mandatory component of the operation was cytoreductive intervention, including not only extirpation of the uterus with appendages, omentectomy, but also removal of parts of the organs involved in the tumor process. This group was recruited for the period 2016-2018.

BG was subdivided into the basic group 1 (BG 1), 18 patients who underwent only cytoreductive surgery (CS), after 3 courses of neoadjuvant chemotherapy; then surgery was performed; then, according to the same scheme, in the postoperative period, adjuvant chemotherapy was carried out in the amount of 3 courses.

The basic group 2 (BG 2) - patients diagnosed with ovarian cancer stage III, 14 people who first

stage performed cytoreductive surgery with HIPEC technology, then in the postoperative period 6 courses of adjuvant chemotherapy.

All patients of the basic group underwent diagnostic laparoscopy with mandatory calculation of peritoneal carcinomatosis index (PCI). PCI was the main criterion for distribution of patients in the main group by subgroups 1 and 2. The maximum size of the tumor node for each of the 13 regions of the parietal and visceral peritoneum was calculated to determine it.

At the peritoneal carcinomatosis index up to 14 patients were distributed to the basic group 2, where the first stage was performed by CS. In PCI more than 14 patients were included in the basic group 1, where treatment began with 3 courses of neoadjuvant chemotherapy, as the implementation of patients in this group of complete or optimal cytoreduction was doubtful.

Ovarian cancer staging was conducted according to the classification of FIGO (2010 edition).

Median age in the CG was 55 years, in the BG — 56 years. The comparative analysis of CG and BG (BG1+BG2) we have not identified significant differences in the distribution of patients by age.

To analyze the results of neoadjuvant chemotherapy in CG and BG 1, we used the RECIST system 1.1.

Table 1.

Analysis of the results of neoadjuvant chemotherapy in the study groups at the system RECIST 1.1

Groups	Answer		
	Partial	Stabilization	Progress
CG	14	35	4
BG1	7	18	3

In the comparative analysis of the results of neoadjuvant chemotherapy in CG and BG, we did not reveal significant differences.

Table 2.

The volume of cytoreduction in the study groups.

Groups	The amount of debulking		
	Full (macroscopically, the tumor is not determined)	Optimal (residual tumor size ≤10 mm)	Suboptimal (residual tumor size >1 cm)
CG	0	0	53
BG	30	2	0

The results of cytoreduction in BG are significantly different from those in CG.

Table 3.

The median duration of the operation, PCI, days postoperative hospital stay in the studied groups.

Groups	median duration of the operation (min)	PCI	postoperative hospital stay
CG	105	7,5	7
BG 1	237,5	8	12
BG 2	470	11,5	22

In the analysis of the table presented, in the sequence of CG-BG 1- BG 2, there is an increase in the median duration of surgery, PCI, postoperative hospi-

tal stay, which indicates more difficult conditions for performing cytoreduction in BG 2 (patients without neoadjuvant chemotherapy).

Table 4.

## The volume of surgery in the study groups

Surgery volumes	CG (n = 53)	BG 1 (n = 18)	BG 2 (n = 14)
Extirpation of the uterus with appendages	53 (100%)	18 (100%)	14 (100%)
Omentectomy	53 (100%)	18 (100%)	14 (100%)
Peritoneumectomy	0	18 (100%)	14 (100%)
Rectum resection	0	7 (38,9%)	10 (71,4%)
Colon resection	0	1 (5,5%)	4 (28,6%)
Resection of the small intestine	0	3 (16,7%)	6 (42,8%)
Bladder and ureter resection	0	2 (11,1%)	2 (14,3%)
Splenectomy	0	1 (5,5%)	3 (21,4%)
Appendectomy	0	0	1 (7,1%)

As can be seen from the data presented in the table, the highest percentage of combined operations was performed in BG 2, then in BG 1.

Table 5.

## Postoperative complications in the study groups.

Complications	CG	BG 1	BG 2
Phlegmon of the anterior abdominal wall	1	-	-
Intra-abdominal abscess	1	-	-
Intra-abdominal hematoma	-	-	1
Failure of anastomosis	-	-	1
pancytopenia	-	-	1
myocardial infarction	-	-	1
Total % of complications	3,8	0	28,6

In the analysis of postoperative complications, more complications were diagnosed in BG 2. In the BG – 2 was death of 1 (7.1%) patient. It was noted as

a result of postoperative peritonitis (colorectal anastomosis failure).

Table 6.

## Stages of treatment of patients with BG after CS (as of April 2018).

Stage	BG 1 (total 18)	BG 2 (total 13) 1-death in postoperative period
Receive chemotherapy	6 (33,3%)	8 (61,5%)
Follow-up	6 (33,3%)	5 (38,5%)
Progression is revealed	4 (22,2%)	0
Did not appear at the reception (missing)	0	0
Died	2 (11,1%)	0
The median follow-up (months.)	8,0	4,5

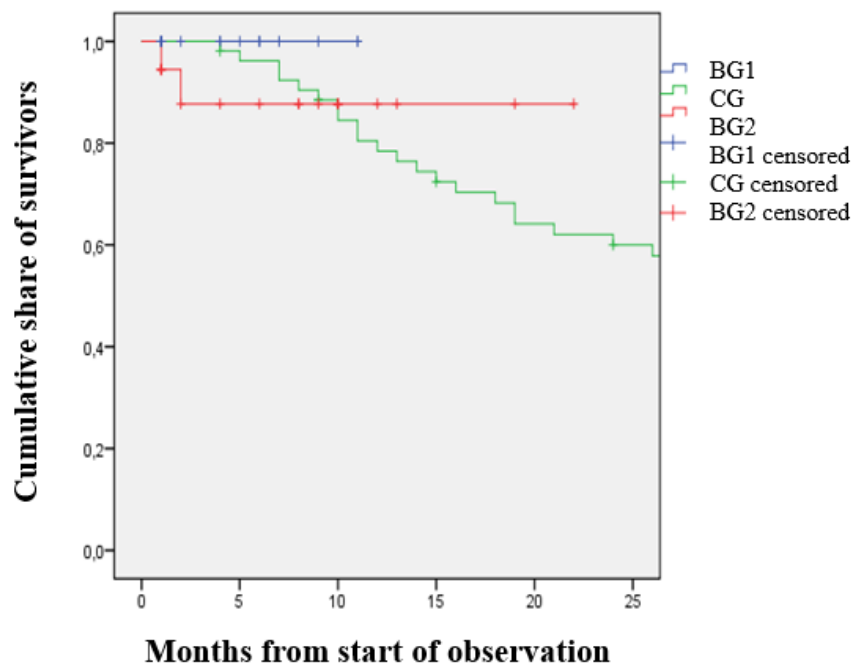
The analysis of relapses revealed that 31 patients had a relapse of ovarian cancer in 1 year of follow-up in CG, which amounted to 58.5% of patients with the total number of CG, the median of relapse was 6 months.

In BG 1 relapse was detected in 4 patients (22.2%), the median recurrence was 7 months, which is significantly different from the results of CG.

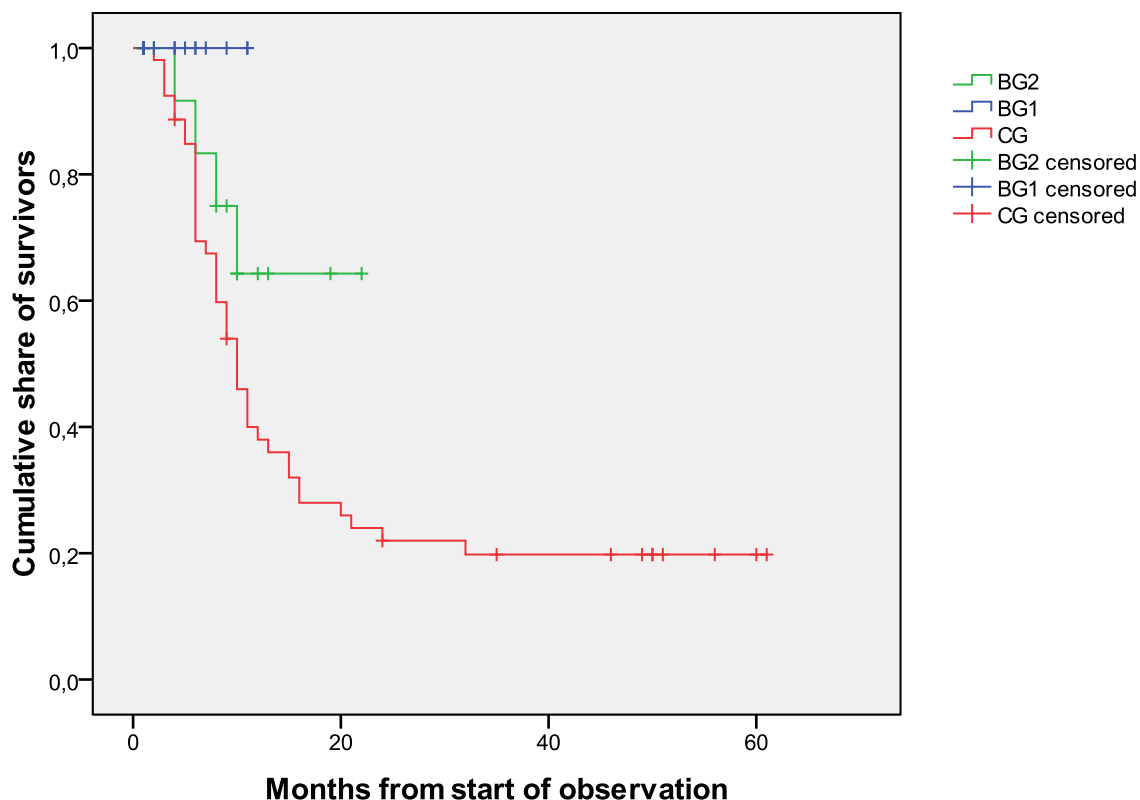
In BG 2 recurrences of the disease at the time of examination were not revealed. The differences in the clinical groups, no significant.

The decrease in the relative risk of relapse in 1 year of follow-up in the BG 1 was 87.6% with a confidence interval of 95% from 1,077 to 6,432 compared to CG.

Pic. 1. The calculation of recurrence-free survival according to the method of Kaplan-Meier



Pic.2. Calculation of survival functions in the groups studied by the method of Kaplan-Meier



As follows, from the presented figure, the cumulative share of survivors in BG 2 for 12 months is significantly different from CG and BG 1.

**Discussion:** it should be understood that the impact on the tumor mass only by the procedure of HIPEC is not a radical treatment. From our point of view, it is advantageous to perform complete cytoreduction at the first stage of complex treatment of ovarian cancer with subsequent adjuvant chemotherapy. Optimal, or better complete

cytoreduction allows to reduce the volume of resistant tumor mass with weak blood flow and to minimize it and to conduct the first course of treatment with chemotherapy on the remaining tumor cells.

Performing an incomplete volume of cytoreduction significantly increases the percentage of recurrence of the disease: 58.5% of recurrences per 1 year of follow-up compared with 22.2% when performing full or optimal cytoreduction, the absence of recurrence of the disease, with the initial complete

cytoreduction. However, the percentage of postoperative complications and cascading increases significantly when performing the primary debulking.

It is likely that PCI is an important indicator that determines the treatment tactics and prognosis of the disease.

This article presents the first experience of using the technology in our clinical practice, but now it can be noted that the use of cytoreductive surgery procedure must necessarily reflect a multidisciplinary approach to treatment, with the mandatory participation of doctors of different specialties.

**Conclusion:** Full results and conclusions on the clinical comparison of the survival of these groups will be presented later. The plans to continue to master this technique, to expand the area of application of technology, to implement its own recommendations.

**List of references:**

1. edited by A. D. Kaprin, V. V. Starinsky, G. V. Petrova the state of cancer care to the population of Russia in 2017. Moscow: mnioi. P. A. Herzen branch of the Ministry of health of Russia "NMHC radiology", 2018. - 236 p.
2. Aebi S., Castiglione M. Newly and relapsed epithelial ovarian carcinoma: ESMO Clinical Recommendations for diagnosis, treatment and follow-up. *Ann Oncol* 2009;20(4):21–3.
3. Kormosh N. G., Laktionov K. P., Kerekovska N. With. Optimal cytoreductive surgery in patients with ovarian cancer III-IV stages. Tumors of the female reproductive system. 2010. No. 4. S. 103-111.

4. Winter W.E.3rd, Maxell G.L., Tian C. et al. Prognostic factors for stage III epithelial ovarian cancer: a Gynecologic Oncology Group study. *J Clin Oncol* 2007;25:3621–7.

5. Savinova A. R., Gataullin I. G. Individual approach to the treatment of ovarian cancer. *Kazan medical journal*. 2016; 97(3): p. 388-393. doi: 10.17750

6. Pokataev I. A. Kormosh N. G., Mikhina Z. P., Laktionov K. P., Kurganva I. N., Tolentino A. S., Tyulyandin S. A. the Modern concept of treatment of recurrence of ovarian cancer. Experience in surgery, drug treatment, radiation therapy. *Bulletin Of The Moscow Cancer Society*. 2014. No. 1. C. 3-8

7. Piso P., Dahlke M-H., Loss M., Schlitt H.J. Cytoreductive surgery and hyperthermic intraperitoneal chemotherapy in peritoneal carcinomatosis from ovarian cancer. *World Journal of Surgical Oncology*. 2004;2:21. doi:10.1186/1477-7819-2-21.

8. Amanov S. B., Shanazarov N. Ah. Privalov A.V. the Role of hyperthermal intraoperative intra-peritoneal chemoperfusion in the complex treatment of recurrence of malignant tumors and carcinomatosis of the abdominal cavity. *Modern problems of science and education*. 2013. No. 6. S. 661.

9. Draguła J., Konopacki A., Kwaśniewska M., Sokołowski R., Zukow W. The use of surgical cytoreduction in combination with hyperthermic intraperitoneal chemotherapy (HIPEC) in the treatment of cancerous peritonitis in patients with gastric cancer or colon cancer. *Journal of Health Sciences*. 2013. T. 3. № 9 (19). c. 077-086.

**Khmel O.V.**

*Ph.D. in Medicine, Head of the Department of Surgical Treatment of Tuberculosis and Nonspecific Pulmonary Diseases State Organization "National Institute Of Phthisiology And Pulmonology Named By F.G. Yanovsky National Academy Of Medical Sciences Of Ukraine"*

**Kalabukha I.A.**

*Doctor of Medicine, Head of the Department of Thoracic Surgery State Organization "National Institute Of Phthisiology And Pulmonology Named By F.G. Yanovsky National Academy Of Medical Sciences Of Ukraine"*

**Хмель Олег Володимирович**

*Кандидат медичних наук, завідувач відділенням хірургічного лікування туберкульозу та НЗЛ Державної установи "Національний інститут фтизіатрії і пульмонології ім. Ф.Г. Яновського Національної академії медичних наук України"*

**Калабуха Ігор Анатолійович**

*Доктор медичних наук, професор, завідувач відділенням торакальної хірургії Державної установи "Національний інститут фтизіатрії і пульмонології ім. Ф.Г. Яновського Національної академії медичних наук України"*

## RESULTS OF THE APPLICATION OF THE ALGORITHM FOR SURGERY FOR THE PATIENTS WITH THE FIRST DIAGNOSTED BOUNDED LUNG TUBERCULOSIS

### РЕЗУЛЬТАТИ ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ НАДАННЯ ХІРУРГІЧНОЇ ДОПОМОГИ ХВОРИМ НА ВПЕРШЕ ДІАГНОСТОВАНИЙ ОБМЕЖЕНИЙ ТУБЕРКУЛЬОЗ ЛЕГЕНЬ

**Анотація:** Було сформовано алгоритм надання хірургічної допомоги хворим на вперше діагностований обмежений туберкульоз легень. У відповідності із зазначеним алгоритмом, через 6 місяців від початку лікування були відібрані 326 хворих, які мали показання до хірургічного лікування, не мали протипоказань і не потребували додаткової передопераційної підготовки. З їх числа 85 були оперовані, 241 склали групу порівняння. У терміни 6, 12 і 18 місяців від початку лікування оцінювали наявність активного туберкульозного процесу за клінічними ознаками, бактеріовиділенням, рентгенівською картиною. Встановлено, що своєчасне хірургічне втручання забезпечило успішне вилікування у 94,1 % хворих на

термін 18 міс. від початку хіміотерапії порівняно з 24,9 % у не оперованих пацієнтів з показаннями до хірургічного лікування.

*Ключові слова: туберкульоз легень, хірургічне лікування.*

**Summary:** An algorithm was developed for providing surgical care to patients with the first diagnosed bounded lung tuberculosis. In accordance with our algorithm, 326 patients after 6 months of conservative treatment, who had indications for surgical treatment and had no contraindications for surgical treatment and also did not require additional preoperative preparation were selected. Of these, 85 were operated and 241 were like the comparison group. In terms of 6, 12 and 18 months from the beginning of treatment, the presence of an active tuberculous process according to clinical symptoms, bacterial excretion, and X-ray pictures was evaluated. It was established that opportune surgical intervention provided successful cure in 94.1% of patients for a term of 18 months from the beginning of chemotherapy, compared with 24.9% in unoperated patients with indications for surgical treatment.

*Key words: pulmonary tuberculosis, surgical treatment.*

### **Вступ.**

Провідна задача хірургії туберкульозу легень полягає у вилікуванні хворих на деструктивні форми туберкульозу, особливо – які являються розповсюджувачами інфекції. В 60-ті – 80-ті роки минулого сторіччя не виникало суттєвих перешкод при виконанні цієї задачі. Антибактеріальна терапія забезпечувала вилікування 85-90 % хворих, а хірургічні методи – 10-15 % хворих, що залишалися [1, 3, 6]. Туберкульозну інфекцію вдавалося успішно контролювати. Але останні 15 років епідеміологічна ситуація по туберкульозу погіршилася. Підвищилась захворюваність, збільшилась кількість хворих на поширені деструктивні форми туберкульозу легень і число хворих з гостро прогресуючим туберкульозом і лікарською резистентністю. Серед вперше виявлених хворих лікарська резистентність становить 30-50 %, а у хворих з хронічними формами досягає 80-100 % [1, 11, 12].

На фоні лікарської резистентності МБТ сповільнилося розсмоктування запальних змін і рубцювання каверн, частіше спостерігаються випадки, коли не вдається зупинити прогресування туберкульозу на фоні хіміотерапії. Зазначені причини у багатьох хворих не дозволяють створити умови для застосування хірургічного втручання резекційного характеру. Головною запорукою позитивного результату їх виконання являється стабілізація туберкульозного процесу до операції. Хірургічне втручання доводиться виконувати в умовах підвищеного інфекційного навантаження, тому збільшується і ймовірність післяопераційної реактивації туберкульозного процесу, шпитальна летальність. У зв'язку з цим відмічається тенденція до зменшення числа хворих, яких направляють на хірургічне лікування.

Ускладнення, які виникають під час операції і в післяопераційному періоді, спонукають хірургів шукати нові шляхи до удосконалення резекцій легень, до уточнення своєчасних показань до операцій, в першу чергу – у хворих з вперше діагностованим деструктивним туберкульозом. Серед них потребу в хірургічному лікуванні визначають в межах від 10,0 % до 35 % [6, 7]. Незважаючи на це, резекції легень виконуються тільки у 2,9 % – 15,0 % хворих [4, 10].

Таку недостатньо високу хірургічну активність пояснюють несвоєчасним призначенням хво-

рим хірургічного лікування та іншими причинами [6, 7, 10].

Ні в кого не викликає сумнівів, що при неефективності хіміотерапії, хворі з кавернозним і фіброзно-кавернозним туберкульозом легень повинні підлягати хірургічному втручання [1, 4, 7]. В той же час з приводу туберкулозу є різні думки. Деякі фтизіатри, вважають, що резекції потрібно проводити тільки при туберкулозі в фазі розпаду, з підозрою на деструкцію, з крупними прогресуючими туберкулозами, а також у випадках, коли неможливо відрізнити її від неоплазми [3, 10].

В літературі достатньо викладені показання до резекції легень при туберкульозі. Частіше всього виділяють показання: прямі, розширені, невідкладні і мінімальні [7]. Рідше користуються показаннями відносними, абсолютними [3, 6, 7]. Наводять різні назви показань, але підходи в їх визначенні у хворих туберкульозом залишаються єдиними. Багато в чому це залежить від клінічної форми туберкульозу, перебігу і поширеності процесу. При цьому в літературі приводяться вельми різні погляди з приводу тривалості хіміотерапії до операції. Так, частина авторів тривалість хіміотерапії до операції визначають в 6-12 місяців від початку лікування хворих зі вперше діагностованим деструктивним туберкульозом легень [2, 8, 9].

Шляхи підвищення хірургічної активності в подальшому необхідно розглядати в розширенні показань до резекцій легень у вперше виявлених хворих деструктивними формами туберкульозу, особливо у осіб з асоціальною поведінкою, які зловживають алкоголем, з цукровим діабетом, з двобічними обмеженими процесами, впровадженям в широку практику нових органозберігаючих операцій, колапсхірургічних втручань [5, 11].

Отже, вирішені далеко не всі питання хірургічного лікування хворих на деструктивні форми туберкульозу легень, немає їх повного висвітлення в літературі, особливо – на сучасному етапі. Немає єдиної думки у виборі оптимальних термінів і методів передопераційної підготовки. Відповідно, розробка стандартних підходів до призначення та проведення хірургічного лікування у зазначеного контингенту є гостро актуальною.

**Мета роботи:** оцінити ефективність застосування стандарту надання хірургічної допомоги

хворим на вперше діагностований туберкульоз легень.

### Матеріали і методи.

Дослідження проводилися у трьох регіонах України згідно угод про сумісну наукову діяльність відділення торакальної хірургії НІФП АМНУ з Київським центральним міським протитуберкульозним диспансером, Дніпропетровським обласним клінічним лікувально-профілактичним об'єднанням «Фтизіатрія» та асоціацією торакальних хірургів Львівщини.

До обліку було взято всіх хворих на вперше діагностований туберкульоз легень у 1-3 когортах 2006 р. у Львівській, Дніпропетровській областях та м. Києві. Дані про облік та результати лікування отримувалися від регіональних ЦЛКК. На основі рекомендацій ВООЗ та МОЗ України щодо розробки стандартних протоколів, а також з урахуванням таких протоколів, діючих в Росії і Білорусії [7, 9, 13] було розроблено схеми для підготовки моделей пацієнта та клінічні протоколи їх хірургічного лікування, що, у сукупності утворило алгоритм надання хірургічної допомоги хворим на туберкульоз легень. У відповідності із зазначеним алгоритмом, через 6 місяців від початку лікування були відібрані 326 хворих, які мали показання до хірургічного лікування, не мали проти-

показань і не потребували додаткової передопераційної підготовки. З їх числа 85 були оперовані (в середньому – через 6 місяців від початку лікування), 241 склали групу порівняння. Розподіл у групи був випадковим. Оцінка ефективності лікування хворих обох груп проводилася у терміни 6, 12 і 18 місяців від його початку. Оцінювали наявність активного туберкульозного процесу за клінічними ознаками, бактеріовиділення з мікробіологічною характеристикою, рентгенівську картину легень.

Результати обстежень накопичувалися та статистично оброблялися на персональній ЕОМ з вибором оптимального критерію. Накопичення, збереження та математична обробка даних виконувалися з допомогою ліцензійних програмних продуктів пакету Microsoft Office Professional 2000, ліцензія Russian Academic OPEN No Level № 17016297.

Дослідження виконувалися за кошти держбюджету.

### Результати та обговорення.

В межах клінічної апробації стандарту надання хірургічної допомоги хворим на вперше діагностований туберкульоз легень було виконано хірургічні втручання у 85 хворих в трьох регіонах України. Характеристика туберкульозного процесу в оперованих хворих представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристика туберкульозного процесу у хворих оперованих з приводу вперше діагностованого туберкульозу легень

Характеристика процесу	м. Київ		Дніпропетровська обл.		Львівська обл.		Всього	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Одинична туберкулома	3	9,7	3	10,0	3	12,5	9	10,6
Одинична порожнина деструкції	4	12,9	3	10,0	3	12,5	10	11,8
Туберкулома(и) з фіброзом, вогнищами	8	25,8	9	30,0	6	25,0	23	27,1
Порожнина деструкції з фіброзом, вогнищами, множинні порожнини	12	38,7	12	40,0	9	37,5	33	38,8
Циротичний процес	2	6,5	2	6,7	2	8,3	6	7,1
Лобіт, казеозна пневмонія	2	6,5	1	3,3	1	4,2	4	4,7
Всього	31	100,0	30	100,0	24	100,0	85	100,0

Характеристика оперативних втручань, виконаних у хворих на вперше діагностований туберкульоз легень, представлена в табл. 2.

Визначення показань до хірургічного лікування, вибір виду операції, об'єм резекції, технічні

особливості та ін. визначалися згідно розробленого стандарту. Інтраопераційних та післяопераційних ускладнень не спостерігалось. Усі хворі були виписані з хірургічного стаціонару в задовільному стані.

Таблиця 2

Оперативні втручання, виконані у хворих на вперше діагностований туберкульоз легень

Вид операції	м. Київ		Дніпро-петровська обл.		Львівська обл.		Всього	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Резекція сегмента(ів)	10	32,3	9	30,0	8	33,3	27	31,8
Лобектомія	11	35,5	11	36,7	9	37,5	31	36,5
Комбінована резекція	3	9,7	3	10,0	2	8,3	8	9,4
Пневмонектомія	5	16,1	5	16,7	3	12,5	13	15,3
Симультанна резекція	2	6,5	2	6,7	2	8,3	6	7,1
Екстраплевральна торакопластика	2	6,5	2	6,7	1	4,2	5	5,9
Двобічна резекція	1	3,2	2	6,7	1	4,2	4	4,7
Всього	31	100,0	30	100,0	24	100,0	85	100,0

Оцінка безпосередньої ефективності застосування стандарту надання хірургічної допомоги хворим на вперше виявлений деструктивний туберкульоз легень виконувалася шляхом проведення когортного аналізу перебігу захворювання у 326 пацієнтів із суцільної вибірки I – III когорт

2006 р., яким було показано оперативне лікування (85 – оперовані), 241 – не оперовані), а також за визначенням клініко-рентгенологічного результату лікування.

Результати когортного аналізу представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Характеристика туберкульозного процесу у хворих оперованих з приводу вперше діагностованого туберкульозу легень

Показник	12 міс.				15 міс.				18 міс.			
	оперовані		не оперовані		оперовані		не оперовані		оперовані		не оперовані	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Успішне лікування	85	100,0	48	19,9	83	97,6	51	21,2	80	94,1	60	24,9
Невдача лікування	–	0,0	111	46,1	–	0,0	82	34,0	1	1,2	48	19,9
Перерване лікування	–	0,0	46	19,1	–	0,0	60	24,9	–	0,0	75	31,1
Вибули	–	0,0	12	5,0	2	2,4	14	5,8	4	4,7	17	7,1
Померли	–	0,0	24	10,0	–	0,0	34	14,1	–	0,0	41	17,0

До невдачі лікування було віднесено усі варіанти невдачі (за мазком, посівом, клініко-рентгенологічним результатом). Успішне лікування також передбачало досягнення вилікування як за результатами бактеріологічного, так і клініко-рентгенологічного обстеження.

До застосування оперативних втручань, через 6 міс. від початку лікування, всі хворі мали результат «невдача лікування», в зв'язку з чим їм було запропоноване оперативне втручання.

Як видно з табл. 3, успішне лікування в оперованих хворих склало від 100,0 % через 12 міс. до 94,1 % через 18 міс. від його початку, невдача лікування – 1,2 % через 18 міс. (1 випадок рецидиву туберкульозу на фоні хіміорезистентності та цукрового діабету). Протягом зазначеного періоду 4,7 % хворих вибули з-під спостереження і, відповідно, не були віднесені до жодного з вищевказаних варіантів. У основній групі не спостерігалося випадків перерваного лікування. Летальності також не було.

У не оперованих пацієнтів показник успішного лікування через 12 міс. від його початку склав 19,9 %, через 18 міс. – 24,9 %; тобто, приблизно у

чверті хворих з невдачею лікування за станом на 6 міс. лікування вдалося досягти задовільного результату протягом наступних шести місяців. Показник невдачі лікування знизився від 41,1 % через 12 міс. до 24,9 % через 18 міс. Однак з подовженням терміну хіміотерапії істотно збільшилася частка хворих, що перервали лікування (через 18 міс. від початку хіміотерапії перерване лікування спостерігалося практично у кожного третього хворого з невдачею лікування), а також підвищилася летальність.

При розгляді відмінностей клініко-рентгенологічного перебігу процесу у оперованих і не оперованих хворих також спостерігалися істотні відмінності. Серед оперованих хворих. Як було зазначено вище, спостерігався лише один випадок невдачі лікування. Хворий, на дійсний час, отримує протитуберкульозну терапію з приводу рецидиву туберкульозу (інфільтративний туберкульоз S<sub>6</sub> зліва) у не оперованій легені. Дані про перебіг процесу у не оперованих хворих з невдачею лікування у терміни, що відповідають термінам обстеження оперованих хворих, представлені в табл. 4.



Таблиця 4

Аналіз клініко-рентгенологічного перебігу туберкульозу легень у не оперованих хворих протягом 12 – 18 місяців від початку лікування

Показник	12 міс.		15 міс.		18 міс.	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Кількість хворих з невдачею лікування	111	100,0	82	100,0	48	100,0
Прогресування процесу	31	27,9	22	26,8	13	27,1
Збереження бактеріовиділення при стабільній рентгенкартині	47	42,3	34	41,5	22	45,8
Збереження бактеріовиділення при позитивній рентгендинаміці	16	14,4	12	14,6	6	12,5
Негативна рентгендинаміка при відсутності бактеріовиділення	17	15,3	14	17,1	7	14,6
Ускладнення	22	19,8	21	25,6	16	33,3

Примітка.

% – відсоток від загального числа хворих з невдачею лікування у відповідний період спостереження.

Майже у половини хворих спостерігалася стабілізація перебігу процесу до 12-го місяця від початку лікування, але зберігалася бактеріовиділення на фоні порожнинних та фіброзних змін у легені і, у подальшому, їх стан істотно не змінювався. Збереження бактеріовиділення при позитивній рентгенологічній динаміці спостерігалася у пацієнтів з наявністю локальної деструкції у легені і, як правило, супроводжувалося локальним специфічним ендобронхітом. У близько 15 відсотків хворих бактеріовиділення припинялося, але прогресували фіброзно-циротичні зміни, що, майже у половини з них періодично ускладнювалися неспецифічним запальним процесом. Прогресування процесу найчастіше проявлялося засівом у раніше не уражені частки легені на боці основного процесу; у 16 хворих спостерігався засів у протилежаю легеню (з них у 8 – через 18 міс. від початку лікування). У більшості осіб прогресування супроводжувалося проявами інтоксикаційного синдрому різного ступеню тяжкості.

Ускладнень перебігу туберкульозу у оперованих хворих протягом періоду спостереження не було. Характеристика ускладненого перебігу ВДТБ у не оперованих хворих з невдачею лікування в терміни, що відповідають термінам обстеження оперованих хворих, представлені в табл. 5.

Всі ускладнення потребували додаткових лікувальних заходів та істотно погіршували прогноз захворювання: на фоні виниклих ускладнень трапилися близько половини (46,3 %) летальних випадків. У більшості з хворих виникли відносні або абсолютні протипоказання до радикального хірургічного лікування.

Отже, у результаті когортного аналізу результатів лікування хворих на ВДТБ легень з невдачею лікування через 6 міс. від його початку і наявністю показань до хірургічного лікування (100,0 %), встановлено, що при продовженні консервативного лікування зазначеного контингенту до 18 міс. незадовільні результати спостерігаються у 68,0 % хворих, в т.ч. летальність – в 17,0 %.

Таблиця 5

Аналіз клініко-рентгенологічного перебігу туберкульозу легень у не оперованих хворих протягом 12 – 18 місяців від початку лікування

Показник	12 міс.		15 міс.		18 міс.	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Кількість ускладнень	22	100,0	21	100,0	16	100,0
Випітний плеврит	7	31,8	5	23,8	3	18,8
Спонтанний пневмоторакс	6	27,3	5	23,8	2	12,5
Піопневмоторакс, емпієма плеври	6	27,3	7	33,3	7	43,8
Кровохаркання, легенева кровотеча	3	13,6	4	19,0	4	25,0

Примітка.

% – відсоток від загального числа хворих з невдачею лікування у відповідний період спостереження.

Включення у лікування хірургічних втручань за розробленим стандартом забезпечило успішне лікування у 94,1 % хворих при відсутності ускладнень і летальності.

Таким чином:

– продовження консервативного лікування до 18 міс. у хворих на ВДТБ легень з невдачею лікування через 6 міс. від його початку і наявністю показань до хірургічного лікування забезпечило успішне лікування у 24,9 % хворих; невдача лікування склала 19,9 %, перерване лікування спостерігалася у 31,1 %, летальність – 17,0 %;

– включення хірургічних втручань за розробленим стандартом у комплексне лікування зазначеного контингенту забезпечило, на термін 18 міс. від його початку, успішне лікування у 94,1 % хворих при відсутності ускладнень і летальності.

#### Перелік Посилань

1. Елькин, А. В. Результаты хирургического лечения больных прогрессирующим туберкулезом легких с сопутствующими заболеваниями / А. В. Елькин, Ю. М. Репин, Ю. Н. Левашев // Проблемы туберкулеза и болезней легких. – 2005. – № 11. – С. 22 – 25.

2. Комплексна передопераційна підготовка і хірургічне лікування хворих на хіміорезистентний туберкульоз легень : Метод. рекомендації / Б. В. Радіонов [та ін.] // Київ, 2006. – 12 с.
3. Лаптев, А.Н. Возможности хирургии в комплексном лечении туберкулеза в современных условиях / А.Н. Лаптев // Материалы юбилейной сессии к 80-летию Центрального НИИ туберкулеза РАМН. – М., 2001. – С. 15 – 18.
4. Мельник, В. М. Туберкулез на Украине: состояние, проблемы и прогноз (медико-статистические исследования) / В. М. Мельник // Проблемы туберкулеза. – 2000. – № 5. – С. 28 – 32.
5. Місце колапсотерапії в комплексному лікуванні хворих на туберкульоз легень / О. Д. Сташенко [та ін.] // Матеріали V Українсько-польської науково-практичної конференції присвяченої 100-річчю торакохірургії. – Львів-Вроцлав, 2006. – С. 283 – 286.
6. Отс, О. Н. Хирургия туберкулёза легких / О. Н. Отс, Э.Б. Цыбикова // Туберкулез сегодня: Материалы 7-го Российского съезда фтизиатров. – М., 2003. – С. 284.
7. Показания к хирургическому лечению больных туберкулезом легких / М. И. Перельман [та ін.] // Туберкулез сегодня : проблемы и перспективы. – М., 2000. – С. 102 – 107.
8. Петренко, В. М. Эффективность применения в клинике краткосрочного контролируемого лечения (DOTS) у больных с впервые выявленным деструктивным туберкулёзом лёгких / В. М. Петренко, Н. А. Литвиненко // Проблемы туберкулёза и болезней лёгких. 2005. – № 3. – С. 16 – 20.
9. Про затвердження інструкцій щодо надання допомоги хворим на туберкульоз і неспецифічні захворювання легенів: Наказ МОЗ України № 499 від 28.10.2003 р. – Київ, 2003. – 100 с.
10. Радіонов, Б. В. Роль та місце фтизіохірургії в сучасних умовах / Б. В. Радіонов, І. А. Калабуха // Матеріали V Українсько-польської науково-практичної конференції, до 100-річчя торакохірургії. – Львів-Вроцлав, 2006. – С. 266 – 268
11. Репин, Ю. М. Значение лекарственной устойчивости микобактерий туберкулеза легких [Текст] / Ю. М. Репин // Проблемы туберкулеза. – 2001. – № 9. – С. 6 – 9.
12. Феценко, Ю. І. Хіміорезистентний туберкульоз [Текст] / Ю. І. Феценко, В. М. Мельник, А. В. Кобилянська – К. : Здоров'я, 2003. – 136 с.
13. Evaluation of relaps and defaulter pulmonary tuberculosis patients [Текст] / А. Baran [та ін.] // Abstr. 15th ERS Annual Congress (Copenhagen, Denmark, September 17 – 21, 2005). – Copenhagen, 2005. – Vol. 26, Supp. 49. – S. 647.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Andreeva S.,**

*Cand. Sci. (Techn.), senior lecturer,  
Department of Food Technology,*

*Kharkiv State University of Food Technology and Trade,*

**Kolesnikova M.,**

*Cand. Sci. (Techn.), Assoc. Prof.,  
Department of Food Technology,*

*Kharkiv State University of Food Technology and Trade,*

**Андреева Світлана Сергіївна,**

*кандидат технічних наук, ст. викладач  
кафедри технології харчування,*

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

**Колеснікова Марина Борисівна,**

*кандидат технічних наук, доцент  
кафедри технології харчування,*

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

### **STUDY OF STRUCTURAL-MECHANICAL PROPERTIES OF STARCH DISPERSIONS KLASTERIZATSII FOR SWEET SAUCES**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОКЛЕЙСТЕРИЗОВАНИХ КРОХМАЛЬНИХ ДИСПЕРСІЙ ДЛЯ СОУСІВ СОЛОДКИХ**

**Summary.** Analytical review of information sources, monitoring of modern trends in the development of sauce technology determined the relevance of the development of sweet sauces and the prospects of the use of physical modification of starches.

Investigated the structural and mechanical properties of starch physical modification of waxy maize "Prima" and tapioca "Endura", "Indulge". It is experimentally established that the regulation of starch content allows to create pasteurized starch dispersions with the properties of liquid dispersions, medium density dispersions and viscous dispersions. Determined that klasterizatsiya starch dispersion based on starches, "Prima", the "Endura" show stability in the interaction with citric acid and sugar white. Effective viscosity in the presence of 5...30% sugar is characterized by an increase of 1.5 times. The limit values of pH for prescription mixtures, which are not less than 3.0.

**Key words:** *physical modification of starch, starch dispersion clasterization, model system.*

**Анотація.** Аналітичним оглядом інформаційних джерел, моніторингом сучасних тенденцій розвитку технологій соусів визначено актуальність розробки соусів солодких та перспективність використання крохмалів фізичної модифікації.

Досліджено структурно-механічні властивості крохмалів фізичної модифікації із воскової кукурудзи «Prima» і тапіокові «Endura», «Indulge». Експериментально встановлено, що регулювання вмісту крохмалю дозволяє створювати оклейстеризовані крохмальні дисперсії з властивостями рідких дисперсій, дисперсій середньої густини, густих дисперсій.

Визначено, що оклейстеризовані крохмальні дисперсії на основі крохмалів «Prima», «Endura» проявляють стабільність під час взаємодії з кислотою лимонною та цукром білим. Ефективна в'язкість у присутності 5...30% цукру характеризується підвищенням значень у 1,5 разів. Визначені граничні значення рН для рецептурних сумішей, які становлять не менш 3,0.

**Ключові слова:** *крохмалі фізичної модифікації, оклейстеризовані крохмальні дисперсії, модельні системи*

**Постановка проблеми.** Найбільшу частку інновацій у технологіях соусів реалізовано в майонезах і томатних соусах, а розроблення технології соусів солодких на сьогодні спрямовано переважно на вдосконалення їх харчової цінності. Проте в сучасних умовах змінюються вимоги до асортименту, технологічності виробництва, споживних властивостей соусів, які повинні зберігати стабільні показники під дією деструктивних чинників.

Соуси солодкі є багатокомпонентною системою, яка піддається суттєвим змінам під дією технологічних чинників. Важливим показником якос-

ті соусів є консистенція – складний багатофакторний показник, формування якого залежить від колоїдного стану, ступеня дисперсності тощо.

Розуміння чинників, за яких руйнується консистенція, є дуже важливим для обґрунтування та керування технологією соусів [1–5]: механічний або температурний вплив; кількість сухих речовин, наявність і результативність використання регуляторів консистенції, значення рН, вплив електролітів.

Одним із класичних методів запобігання руйнуванню дисперсної системи є підвищення вмісту

сухих речовин. Цей підхід найчастіше застосовується в консервній промисловості з метою одержання в'язко-густої або драглеподібної продукції з вмістом сухих речовин 65–70%. Основним недоліком концентрування сухих речовин шляхом уварювання є зниження поживної цінності продукції, складність контролю якості, а також неефективне використання енергоресурсів, що є економічно недоцільним.

Вирішенню проблеми забезпечення стабільності дисперсних систем сприяє введення загусників, що зв'язують рідину та підвищують в'язкість системи. Аналіз інформаційних джерел [6 – 8] свідчить, що цей підхід має свої переваги та недоліки: з одного боку, використання загусників скорочує тривалість технологічного процесу порівняно з уварюванням. Але підбір та обґрунтування виду загусника має спиратися на одержанні певних органолептичних ефектів.

#### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Важливою в технології виробництва соусів солодких є характеристика дисперсій: в'язкість, міцність, температура загущення, схильність до синерезису в процесі виробництва та зберігання, здатність сорбувати й десорбувати ароматичні речовини та харчові барвники, термомеханічні властивості, сталість реологічних властивостей.

Харчові інгредієнти полісахаридної природи представлено широким асортиментом, проте результати систематизації інформації та досвіду роботи харчових виробництв показали, що найбільше практичне застосування набули крохмалі.

Використання нативних крохмалів обмежено внаслідок їх фізико-хімічних і функціонально-технологічних властивостей [9]. Більшість нативних крохмалів (картопляний, зернові) містять до 25% амілози, а харчові продукти з їх використанням як загусників та гелеутворювачів характеризуються низькою технологічною стабільністю та виявляють виражену тенденцію до синерезису [10].

Проблема забезпечення стабільності, запобігання «старінню» крохмальних клейстерів і гелів є ключовою для харчових продуктів (у тому числі з тривалим терміном зберігання, заморожених). Ущільнення структури, виділення води, підвищення каламутності, зміна органолептичних характеристик харчових продуктів є негативним наслідком процесу ретроградації крохмалю [11; 12].

Властивості та механізм стабілізації оклейстеризованих крохмальних дисперсій (ОКД) зазначено у великій кількості експериментальних робіт та аналітичних оглядів [10–12]. Сформульовані теоретичні положення про властивості та стан крохмалю знайшли відображення в працях М. Ріхтера, М.М. Трегубова, А.І Жушмана, В.С. Грюнера, Н.П. Козьміної, Н.Г. Гулюк, Л.В. Бабіченко та ін.

Але на сьогодні практичні дослідження та розроблення нових функціонально-технологічних інгредієнтів спрямовані на підвищення ефективності та розширення технологічних можливостей їх

використання, результативність від упровадження технологій.

#### **Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.**

На ринку існує широкий асортимент крохмалів модифікованих, які залежно від методу модифікації, адаптовано до певного технологічного процесу продукту. Проте обґрунтування рецептурного складу соусів солодких повинно здійснюватися з урахуванням специфіки властивостей та функцій крохмалів модифікованих, що реалізуються в технологічному потоці та базуватись на аспектносності їх використання.

Регулювання фізико-хімічних та функціонально-технологічних властивостей нативних крохмалів досягається шляхом їх хімічної, фізичної та ферментативної модифікації, унаслідок чого суттєво розширюються сфери їх застосування [9]. Аналіз сучасних наукових даних [10; 12] демонструє, що для одержання модифікованих крохмалів використовують наступні види хімічної обробки, та їх комбінації: етерифікація оцтовим і бурштиновим ангідридом, сумішшю ангідридів оцтової та адипінової кислот, ангідридом октенилянтарної кислоти; обробка фосфорилхлоридом, триметафосфатом і триполіфосфатом натрію з утворенням складних ефірів похідних; етерифікація оксидом пропілену з утворенням простих ефірів; кислотна модифікація хлористоводневою та сірчаною кислотами з утворенням продуктів гідролізу, або перманганатом калію та гіпохлоритом натрію; окислення гіпохлоритом натрію.

Наряду з чисельними перевагами модифікованих крохмалів існує й низка недоліків, які впливають на формування технологічних обмежень у використанні. Так, окислені крохмалі виявляють тенденцію до потемніння внаслідок температурного впливу або при зберіганні. Для приготування фруктових начинок у якості загущувачів використовують етери та естери крохмалю. Введення в структуру крохмалю хімічних радикалів підвищує прозорість клейстерів та стабільність при зберіганні, перемішуванні, низьких значеннях рН, нагріванні, заморожуванні-відтаюванні. Більшість видів модифікованого крохмалю відноситься до підгрупи зшитих. Клейстер зшитого крохмалю є більш в'язким, має «коротку» текстуру, стійкий до різних зовнішніх впливів – високих температур, тривалого нагрівання, низьких рН, механічних навантажень.

Група компаній «Ingredion» [13; 14] виробляє серію інноваційних крохмалів «Novation» без індексу «Е», які характеризуються найвищою технологічною стійкістю та максимальною стабільністю. У широкому технологічному спектрі різної за призначенням продукції (соуси, супи, фруктові напоєвнювачі, молочні продукти) за умов інтенсивного механічного та термічного впливу крохмалі «Novation» декларуються як інгредієнти, здатні сформувати та забезпечити певну структуру. Ці види крохмалю відповідають Постанові 834/2007 ЄС і тому можуть маркуватися як «органічні» [15].

Сучасний спосіб виробництва крохмалів серії

«Novation» полягає в термообробці крохмальної суспензії до температури клейстеризації з мінімальною тривалістю витримування та наступним розпиленням у сушарці. При цьому зерна крохмалю залишаються цілими та непошкодженими, як під час екструзійної обробки. Крохмалі цієї модифікації мають функції класичних крохмалів, що здатні зв'язувати вологу.

Дослідження фізико-хімічних основ загущення дисперсії та вивчення сучасних технологій отримання крохмалів фізичної модифікації дозволяє прогнозувати перспективність їх використання в технології соусів солодких.

З урахуванням механізму та фізико-хімічних процесів, перебіг яких призводить до зниження стійкості за низьких значень рН (2,0–5,5), механічного впливу, теплової обробки, зберігання соусів за низьких температур сформульовано вимоги, за яких крохмаль як загусник може бути використано в складі соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини незалежно від виду сировини, з якої він виробляється: монодисперсність крохмальних зерен; низький вміст амілози.

**Мета статті.** Метою статті є дослідження впливу технологічних чинників на структурно-

механічні властивості оклейстеризованих крохмальних дисперсій, як структурної основи соусів солодких.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати сучасні тенденції розвитку технологій соусів солодких та їх використання в технологічному процесі виробництва кулінарної продукції;

- встановити закономірності впливу цукру білого, кислоти лимонної, пектину на гідродинамічні параметри клейстеризації та функціонально-технологічні властивості модельних систем на основі крохмалів фізичної модифікації (КФМ).

**Виклад основного матеріалу.** Для обґрунтування виду та вмісту крохмалю для загущення й стабілізації соусів солодких визначено зміни ефективної в'язкості модельних систем «крохмаль-вода» залежно від вмісту крохмалю (рис. 1). Оскільки ОКД являють собою неньютонівські рідини, то спочатку визначали в'язкість розчинів за різних концентрацій (2–8%) залежно від швидкості зсуву за постійної температури  $70 \pm 2^\circ\text{C}$ .



Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості ОКД від вмісту крохмалю: 1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – татіокового «Endura»; 4 – татіокового «Indulge» (за  $\dot{\gamma}=50\text{c}^{-1}$ ).

Експериментально встановлено, що регулювання вмісту крохмалю дозволяє створювати ОКД з властивостями рідких дисперсій (від 2,0 до 3,0%), середньої густини (від 3,5 до 8,0%) та густих (від 7,0 до 8,0%), які закріплено як параметри рецептурного складу соусів із варіабельною консистенцією.

Таким чином визначено, що в'язкість ОКД на основі крохмалів «Prima», «Endura», «Indulge» вища, ніж ОКД на основі кукурудзяного амілопектинового.

У літературних даних [18; 19] відомо, що умови клейстеризації крохмалю залежать від значення рН: навіть невелика зміна кислотності може призвести до дуже виражених змін у процесі утворення ОКД.

Кислоти, які використовувалися для моделювання процесу, вибрані на основі наступного: соляна кислота характеризується максимальною константою гідролізу ( $k=100$ ); лимона кислота має найвищу гідролізуючу здатність ( $k=1,72$ ) серед інших органічних кислот і, крім того, є однією з найпоширеніших; оцтова кислота є найслабшою з кислот (гідролізна властивість  $k=0,40$ ), але вона входить до складу багатьох плодів і ягід (яблук, цитрусових).

Крохмаль містить частину домішок, кислот, фосфатів, що знижують концентрацію кислоти в розчині. Вплив різних видів кислот визначали за показниками ефективної в'язкості (рис. 2).

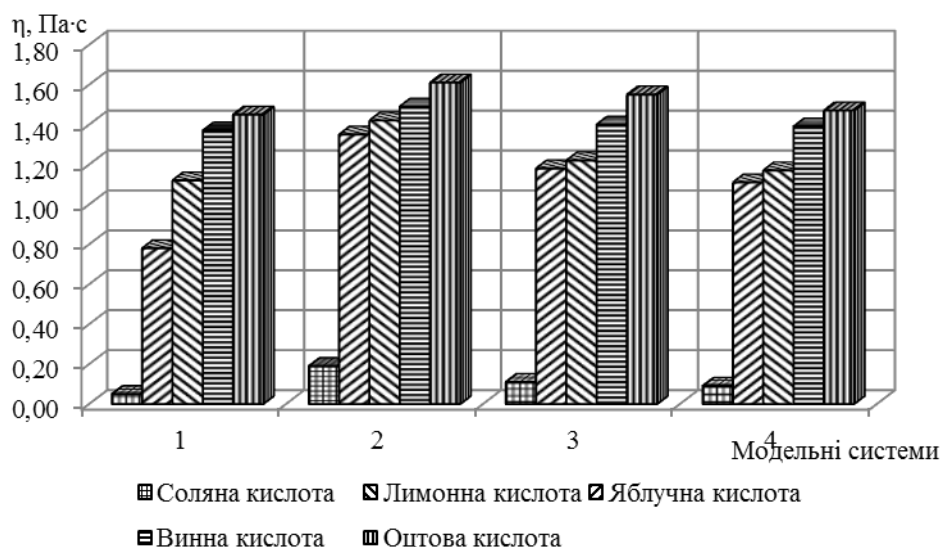


Рис. 2. Залежність ефективної в'язкості МС на основі крохмалів: 1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – тапіокового «Endura»; 4 – тапіокового «Indulge» (за  $\gamma=50\text{c}^{-1}$ )

Із наведених даних бачимо, що за умови введення до системи соляної кислоти за концентрації 0,03 М в'язкість ОКД на основі всіх крохмалів суттєво знижується незалежно від їх концентрації. Імовірно, це пояснюється деструкцією крохмальних полісахаридів, при цьому спостерігається зменшення кількості високомолекулярних речовин і накопичення декстринів з різною молекулярною масою [18; 20]. Це дозволяє зробити висновок, що гідролізуюча здатність соляної кислоти найвища, що впливає на структурно-механічні властивості ОКД.

Стабільними значеннями ефективної в'язкості характеризуються ОКД, до складу яких уведено слабкі органічні кислоти – яблучну, винну та оцтову.

З огляду на одержані дані встановлено, що найбільш стійкими до впливу лимонної, яблучної, винної та оцтової кислот є ОКД на основі крохмалів «Prima», «Endura», «Indulge», які в процесі гідролізу виявляють стійкість, імовірно, за рахунок монодисперсності зерен. Ефективна в'язкість ОКД на основі крохмалю «Prima» за умови взаємодії з лимонною кислотою знижується на 30,0%, з яблучною та винною – на 11,0%, з оцтовою – на 3,2%. Експериментально встановлено, що в'язкість ОКД на основі крохмалю «Endura» за умови взаємодії з лимонною кислотою знижується на 41,1%, із яблучною – на 32,0%, із винною та оцтовою – на 7,5%. Ефективна в'язкість ОКД на основі крохма-

лю «Indulge» під впливом лимонної кислоти знижується на 34,0%, яблучної – на 25,0%, винної – на 6,5%, оцтової – на 2,0%.

Ефективна в'язкість ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового за умови взаємодії з лимонною кислотою знижується на 50,0–55,0%, із яблучною та винною на 30,0–35,0%, з оцтовою – на 25,0%.

Для всебічного обґрунтування використання крохмалів у технології соусів солодких вважаємо за необхідне дослідити вплив цукру на реологічні характеристики ОКД. Концентрацію цукру (0–40%) вибрано на основі діагностики рецептур продуктів – аналогів (рис. 3).

Для ОКД на основі крохмалю кукурудзяного амілопектинового (1) значення в'язкості поступово зростає за концентрації цукру білого 5,0–30,0%, після чого спостерігається його зниження. Це можна пояснити дегідратувальним ефектом цукру в діапазоні концентрацій 25–40%.

Ефективна в'язкість для ОКД на основі крохмалів із воскової кукурудзи «Prima», тапіокових «Endura» та «Indulge» за наявності 5–30% цукру характеризується підвищенням значень, імовірно, за рахунок накопичення сухих речовин. Із підвищенням концентрації 30–40% усі криві вирівнюються, підтверджуючи стабільність клейстеру щодо утримування сахарози, утворюючи межу текучості ОКД.

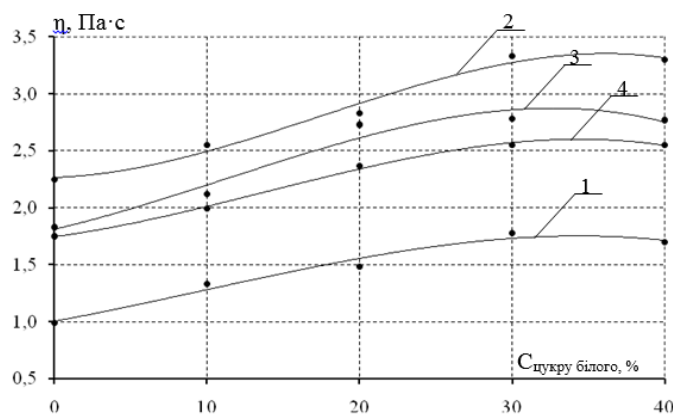


Рис. 3. Залежність ефективної в'язкості ОКД ( $C_k=8,0\%$ ) від концентрації цукру білого для ОКД на основі крохмалів: 1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – татіокового «Endura»; 4 – татіокового «Indulge» (за  $\gamma=50c^{-1}$ )

Однією з основних властивостей пектинових речовин є здатність до підвищення в'язкості, яка залежить від природи пектинів, температури, концентрації, наявності супутніх речовин – моноцукрів, органічних кислот, солей тощо. Для дослідження на рівні моделі вибрано яблучний високоестерифікований пектин у концентраціях від 0,5 до 3,0% у композиції з дослідними зразками крохмалю 8% концентрації (рис. 4).

Експериментально доведено, що за умови збільшення концентрації пектину до 3,0% в'язкість модельних систем підвищується в 2,0 – 2,5 разу для всіх досліджуваних систем. Причому суттєве підвищення значень в'язкості спостерігається за концентрації пектину в системі вище ніж 1,0%. Особливо ця тенденція притаманна ОКД на основі крохмалю з воскової кукурудзи «Prima» (2), де значення в'язкості підвищуються з  $4,5\pm 0,1$  до  $6,8\pm 0,2$ .

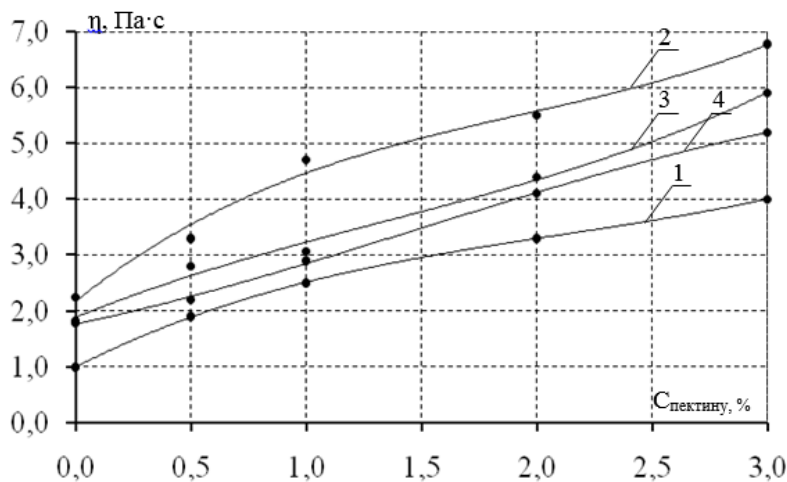


Рис. 4. Залежність ефективної в'язкості ОКД від концентрації пектину для ОКД на основі крохмалів: 1 – кукурудзяного амілопектинового; 2 – із воскової кукурудзи «Prima»; 3 – татіокового «Endura»; 4 – татіокового «Indulge» (за  $\gamma=50c^{-1}$ )

**Висновки.** Досліджено закономірності зміни фізико-хімічних, структурно-механічних та функціонально-технологічних властивостей оклейстеризованих дисперсій на основі КФМ під впливом технологічних чинників. Встановлено закономірності впливу цукру білого, органічних кислот, пектину на гідродинамічні параметри клейстеризації та функціонально-технологічні властивості харчових систем на основі КФМ.

#### Список літератури:

1. Dickinson E. Microgels – An alternative colloidal ingredient for stabilization of food emulsions // Trends in Food Science & Technology. 2015. Т. 43, № 2. С. 178-188.

2. Цыкало А.Л. Молекулярная динамика дисперсных систем. 1. Простые дисперсионные среды // Холодильная техника та технология. 2013. № 1. С. 49-57.

3. Шабанова Н.А., Саркисов П.Д. Золь-гель технологии. URL: <http://files.pilotlz.ru/pdf/cC2574-0-ch.pdf> (дата обращения: 12.01.2018).

4. Controlled/living radical polymerization in dispersed systems: an update / Zetterlund P.B. et al. // Chemical reviews. 2015. Т. 115, № 18. С. 9745-9800.

5. Ферг К. Уайтхауз. Выбор и использование гидроколлоидов // Пищевая промышленность. 2008. № 10. С. 76.

6. Native tapioca starch as a potential thickener for fruit fillings. Evaluation of mixed models containing low-methoxyl pectin / Agudelo A. et al. // Food Hydrocolloids. 2014. T. 35. С. 297-304.
7. Novel food processing: effects on rheological and functional properties / Ahmed J. et al. (ed.). CRC Press, 2016. 168 с.
8. Кряжев В.Н., Романов В.В., Широков В.А. Последние достижения химии и технологии производных крахмала // Химия растительного сырья. 2010. № 1. С. 115.
9. Антоненко А., Кравченко М. Оцінка безпечності соусної продукції // Товари і ринки. 2010. № 1. С. 184-188.
10. Thang V.H., Kobayashi G. A novel process for direct production of acetone-butanol-ethanol from native starches using granular starch hydrolyzing enzyme by *Clostridium saccharoperbutylacetonicum* N1-4 // Applied biochemistry and biotechnology. 2014. T. 172, № 4. С. 1818-1831.
11. Sandhu K.S., Sharma L., Kaur M. Effect of granule size on physicochemical, morphological, thermal and pasting properties of native and 2-octenyl-1-ylsuccinylated potato starch prepared by dry heating under different pH conditions // LWT – Food Science and Technology. 2015. T. 61, № 1. С. 224-230.
12. Ashogbon A.O., Akintayo E.T. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: A review // Starch/Stärke. 2014. T. 66, № 1/2. С. 41-57.
13. Компания «Ingredion». URL: <http://www.ingredion.com> (дата звернення: 12.01.2018).
14. Продукт «без пищевых добавок» – результат соединения инновационных ингредиентов серии Novation // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. 2010. № 2. С. 44.
15. Постанова Ради (ЄС) № 834/2007 від 28 червня 2007 року стосовно органічного виробництва і маркування органічних продуктів, та скасування Постанови (ЄС) № 2092/91. Київ, 2007. 25 с.
16. ДСТУ 4286:2004. Крохмаль картопляний. Технічні умови. Київ, 2005. 10 с. (Національний стандарт України).
17. Реологічні методи дослідження сировини та харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик: метод. посібник / Горальчук А.Б. та ін. Харків: ХДУХТ, 2006. 63 с.
18. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. Москва: Вильямс, 2007. 912 с.
19. Control of viscosity in starch and polysaccharide solutions with ultrasound after gelatinization / Iida Y. et al. // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2008. T. 9, № 2. С. 140-146.
20. Дослідження основних фізико-хімічних властивостей набухаючих видів крохмалю / Пічкур В.Я. та ін. // Наукові праці ОНАХТ. 2014. Т. 2, № 46. С. 148-152.

**Gorlanov E. S.**

*Ph. D, Deputy General Director  
«Expert-Al» LLC, St. Petersburg, Russia*

**Горланов Е. С.**

*К. т. н., зам. ген. директора  
ООО «Эксперт-Ал», Санкт-Петербург, Россия*

## ФЕНОМЕН КАРБИДООБРАЗОВАНИЯ НА СМАЧИВАЕМОЙ АЛЮМИНИЕМ КАТОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

### THE PHENOMENON OF CARBIDE FORMATION ON THE ALUMINUM WETTED CATHODE SURFACE

**The abstract:** The article shows a phenomenon of formation carbide and synthesis aluminum wetted coating in the surface layers of the carbon cathode. It has been offered to discuss mechanisms of formation carbide of aluminum  $Al_4C_3$  and its transformation into some subsurface carbon oxide substances. The analysis has been conducted of the characteristics of carbide formation in different conditions of synthesis of the wetted surfaces. The obtained data gives a possibility to make adjustments to the technology of high-temperature electrochemical synthesis of the aluminum-wettable layer of binary and ternary compounds, which allows to bring developed technologies to commercial conditions.

*Key words: aluminum carbide, carbon oxide suspension, titanium boride, aluminum, cathode, wetting coating.*

**Аннотация:** В статье обсуждается феномен совместного карбидообразования и синтеза смачиваемых алюминием покрытий в поверхностных слоях углеродного катода. Предлагаются к обсуждению механизмы образования карбида алюминия  $Al_4C_3$  и его трансформации в карбоксидные приповерхностные субстанции. Проведен анализ особенностей карбидообразования в различных условиях синтеза смачиваемых покрытий. Полученные сведения дают основания внести коррективы в технологию высокотемпературного электрохимического синтеза смачиваемого алюминием слоя двойных и тройных соединений, что позволяет приблизить разрабатываемую технологию к коммерческим кондициям.

*Ключевые слова: карбид алюминия, карбоксидная суспензия, диборид титана, алюминий, катод, смачиваемое покрытие.*



### Введение

В работах [1-3] представлены комплексные и систематические исследования создания смачиваемых алюминием покрытий  $Ti-B-C$  на углеродном катоде по двум направлениям:

- Метод последовательного электроосаждения компонентов соединения (титана и бора)
- Метод электрохимического борирования углеродтитановой катодной поверхности.

Детально рассматривались результаты электрохимических процессов, для обсуждения представлены механизмы электрохимического и химического синтеза соединений, ответственных за эффект смачивания алюминием углеродного катода. Однако тематические рамки полученной информации не позволили обсудить чрезвычайно важную проблему параллельно идущих процессов образования карбида алюминия  $Al_4C_3$  на углероде и локальных участках катодного приповерхностного слоя. Недооценка этих объективно существующих процессов может негативно отразиться на конечных результатах синтеза смачиваемых покрытий. В настоящей работе, с получением новых данных, сделана попытка заполнить этот пробел в понимании действующих механизмов высокотемператур-

ного электрохимического синтеза смачиваемых покрытий на катодной поверхности алюминиевых электролизеров.

### Результаты исследований

В методе последовательного электроосаждения соединений титана и бора предполагается, что первый осаждаемый компонент на катодной углеродной поверхности в течение достаточного периода образует соответствующий слой активной подложки из своих карбидов ( $TiC$  или  $B_4C$ ). Следующий элемент взаимодействует с этим карбидным слоем и углеродом катода до образования соединений в системе  $Ti-B-C$ . Формирование смачиваемого покрытия происходит только на поверхности углеродного катода, в ограниченные сроки пускового периода и с высокими концентрациями титана и бора в электролите.

Многочисленные попытки в определенных условиях электролизного эксперимента получить сплошной  $Ti-B-C$  слой на углеродной поверхности "успешно" заканчивались визуальным смачиванием катода толстым слоем электролитически осажденного алюминия (рис. 1).



Рисунок 1. Внешний вид катода после эксперимента

Но при ближайшем рассмотрении смачиваемость была квалифицирована как "псевдосмачиваемость", поскольку контакт алюминия с поверхностью реализуется через малоподвижную электролитную прослойку дискретной толщины 50-200

мкм (рис. 2). Подобный результат достигался в работах [4, 5] без изучения состава прослойки и без объяснения причин такого явления. Была предпринята попытка прояснить механизм "псевдосмачиваемости".

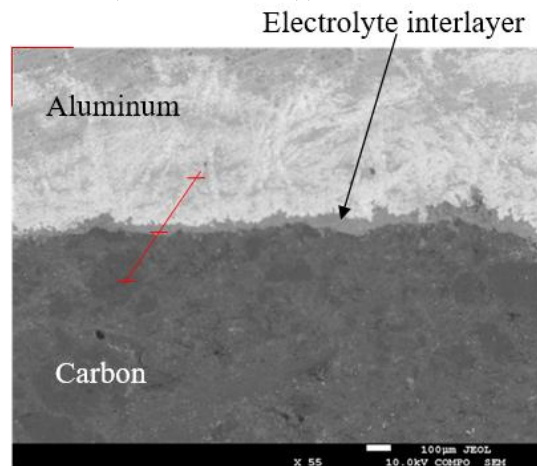


Рис. 2. Микроструктура образца в обратно отражённых электронах (x55)

РФА анализ не обнаруживал в пробах поверхности ожидаемых соединений, которые могли быть ответственными за смачиваемость –  $TiB_2$  и  $TiC$ . На фоне присутствия алюминия на катоде это было сюрпризом, который требовал объяснения. С этой целью предпринят SEM-EDS анализ участков образцов на границе алюминий-катод. Поэлемент-

ный состав электролитной прослойки определялся энергодисперсионным анализом по линии сканирования из области алюминия в область углерода (красная линия рис. 2). На переходном локальном участке наблюдалось резкое увеличение концентраций  $Na$ ,  $Al$  и  $F$ , который соответствует 150 мкм прослойке электролита щелочного состава (рис. 3).

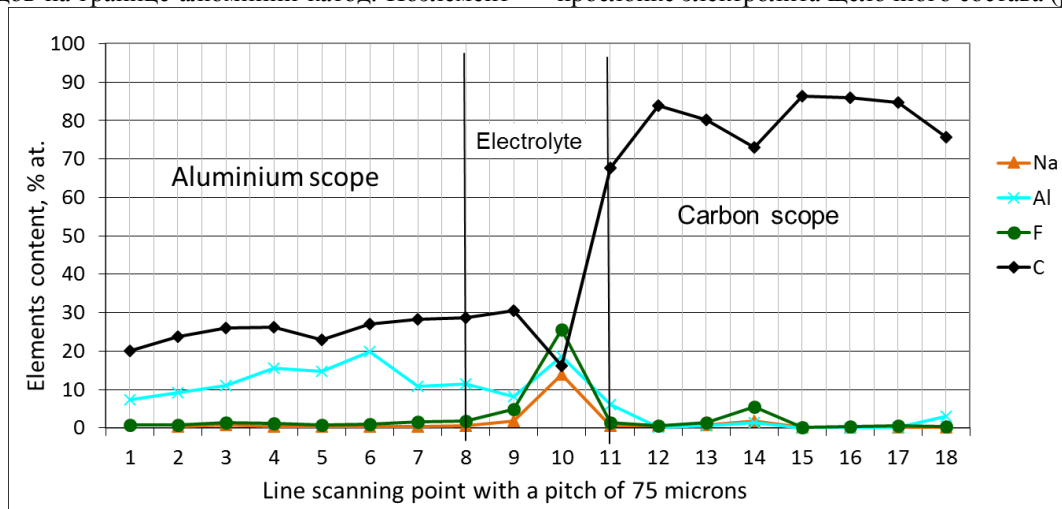


Рисунок 3. Изменение концентраций компонентов образца

Но еще более интересен примесный состав этого слоя. На рисунке 4 показаны концентрационные уровни активных компонентов непосредственно в области электролитной прослойки. Как следует из представленных данных, в прослойке могут присутствовать частицы карбидов бора  $B_4C$  и титана  $TiC$ . Но в точке 10 электролитного слоя и далее в углеродном теле титан практически отсут-

ствует (0,3% ат.), а соотношение алюминия к углероду близко к составу карбида алюминия  $Al_4C_3$ . Поэтому наиболее вероятным следует считать насыщение этого слоя растворенным карбидом алюминия, который был обнаружен РФА в поверхностной пробе образца в количестве 3,22 масс. %.

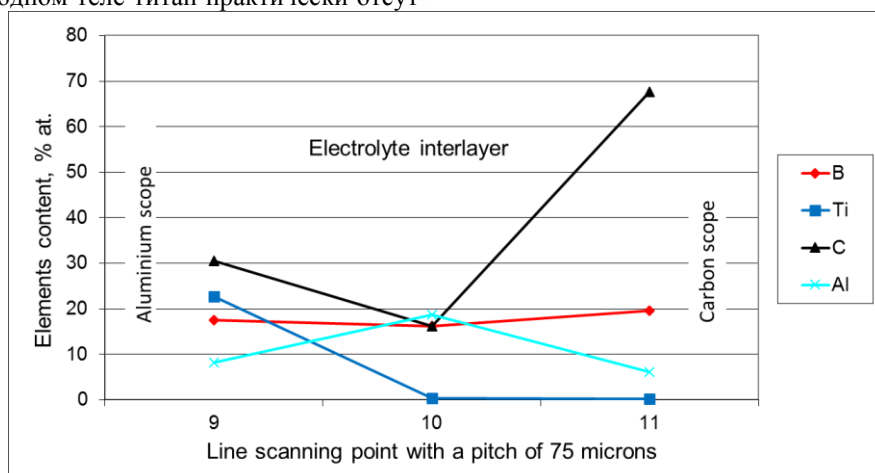
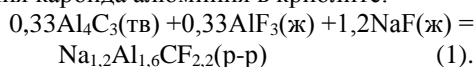


Рисунок 4. Содержание примесей в электролитной прослойке образца

Состав электролитной прослойки, при условии связывания части углерода бором и титаном, можно определить как  $1,2NaF \cdot 0,33AlF_3 \cdot 0,33Al_4C_3$ . Очевидно, что это соединение является продуктом растворения карбида алюминия в криолите:



Таким образом, сформированная в этом эксперименте прослойка между алюминием и углеродом представляет собой смесь продуктов растворения карбида алюминия с карбидами бора и тита-

на ( $Al_4C_3 + B_4C + TiC$ ). И это означает, что появление электролитной прослойки между алюминием и углеродной поверхностью происходит после появления слоя алюминия на катоде.

Способ электрохимического борирования углеродтитанового катода предполагает восстановление бора на катодной поверхности, которая в своем составе имеет металлический титан и его оксиды. Визуально, присутствием алюминиевого слоя на катоде после испытаний подтвержден эффект смачивания углеродной поверхности (Рис.5).



Рисунок 5. Поперечный разрез образца

Методами рентгенофазового анализа и SEM-EDS исследований поверхностного слоя катода обнаружены  $TiC$  и  $TiB_2$ , ответственные за эффект смачивания. Электронная микроскопия на каждом из образцов (шлифов) проводилась на участках

границы алюминий–углерод. На представленном участке образца (рис. 6) присутствие смачивающего покрытия прослеживается отчетливо. Визуально можно различить области различной контрастности.

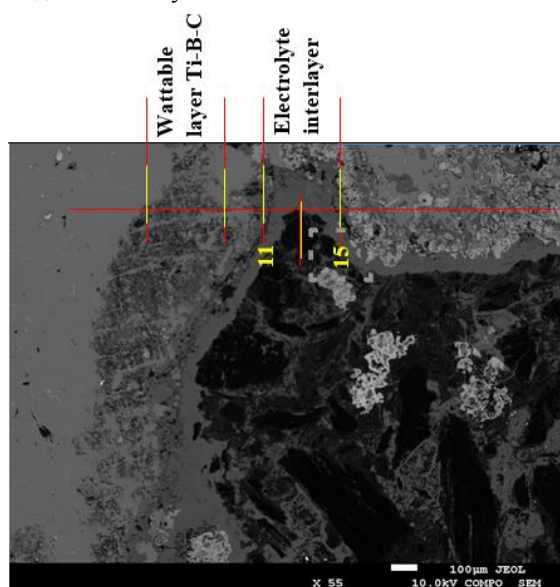
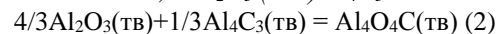


Рисунок 6. Микроструктура образца (x55)

Для подтверждения и уточнения локального расположения смачиваемого слоя проводился EDS-анализ этого и других участков. Анализ свидетельствует о присутствии двойных  $TiB_{(1,94\pm 3,2)}$  и тройных соединений в системе  $Ti-B-C$ , состав которых соответствует  $TiB_{7,3}C_{4,1}$  и  $TiB_{6,4}C_{8,4}$ . Между слоем  $Al$  и слоем  $Ti-B-C$  какие-либо другие включения и фазы отсутствуют, что свидетельствует о полной смачиваемости катодной поверхности алюминием.

Но интересующая нас область толщиной 100-200 мкм, насыщенная карбидными соединениями

и компонентами электролита, визуально наблюдается под смачиваемым слоем, т.е. между углеродным массивом и плотным слоем  $Ti-B-C$ . Выделенный участок линии сканирования между 11 и 15 точками (рис.6) позволяет определить состав этого слоя. Соотношение элементов  $Al:C:O$  по краям области у поверхности углеродного тела и смачиваемого слоя соответствует составу оксикарбидов алюминия  $0,33Al_2O_3 \cdot (2\div 3) \cdot Al_4C_3$ .



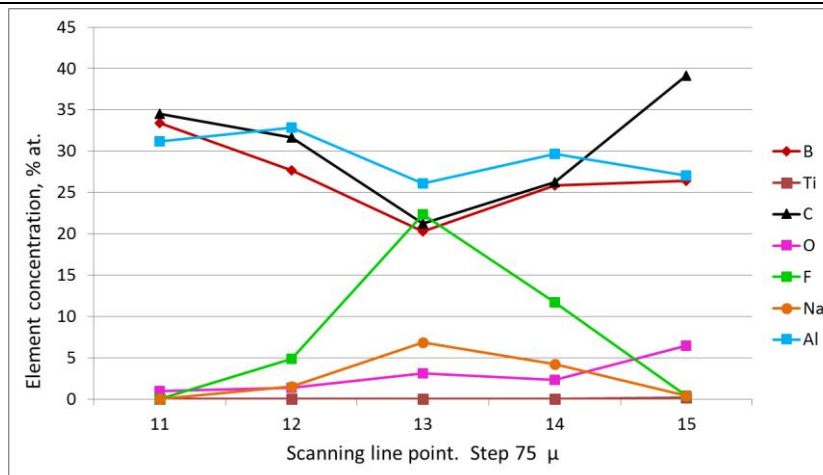
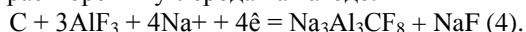


Рисунок 7. Результаты EDS-анализа по линии спектров между точками 11 и 15

Точка 14 обнаруживает соотношение элементов, приближенное к карбиду алюминия, который можно представить, как  $Al_{3,4}C_3$ . В точке 13 соотношение компонентов более всего соответствует составу  $3NaF \cdot 1,7AlF_3 \cdot 0,33Al_4C_3$ , который можно записать как  $Na_3Al_3CF_8$ . Это соединение по Одегарду [6, 7] является продуктом растворения карбида алюминия:



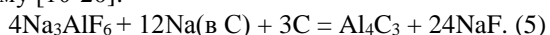
Альтернативно Gudbrandsen обнаружил [8], что  $Na_3Al_3CF_8$  является продуктом электрохимического растворения углерода на катоде:



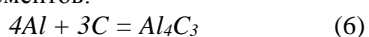
Впоследствии Чренкова с соавторами [9] проанализировали продукты реакции растворения углерода и  $Al_4C_3$  в криолите методами рентгеновской дифракции и ИК-спектроскопии. Был сделан вывод, что  $Na_3Al_3CF_8$  является продуктом растворения как углерода, так и  $Al_4C_3$ .

#### Обсуждение результатов

При электрохимическом восстановлении оксидов титана и бора из криолитового расплава синтез  $TiB_2$  и  $TiC$  на неоднородной поверхности углеродного катода происходит только на локальных участках, физически и энергетически удовлетворяющих условиям осаждения компонентов покрытия. Недостаточные смачивающие свойства такой поверхности приводят к тому, что присутствующий фильтрат электролита перераспределяется в объеме катода и оттесняет слой алюминия от поверхности сначала через участки, не имеющие соединений карбида/борида титана, а затем по достижении определенной толщины, и по всей поверхности. Создаются условия для образования карбидов алюминия по хорошо известному механизму [10-20]:



Но на поверхности катода превалирующим будет процесс прямого химического взаимодействия исходных элементов:



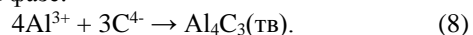
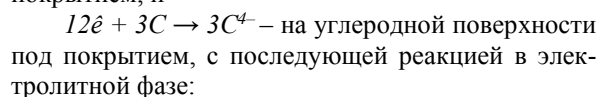
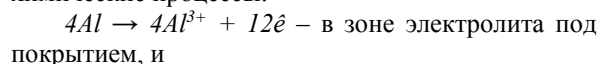
или альтернативно происходит электрохимический процесс:



Образующиеся на поверхности катода фрагменты смачиваемого слоя – диборида и карбиды титана, а также карбид алюминия растворяются в электролитной прослойке между катодом и алюминием, образуя  $Al-Ti-B-O-C$  густую суспензию ( $Ti_xC_y$ ,  $Ti_xB_y$ ,  $Al_xB_y$ ,  $Al_xO_yC$ ,  $Al_xC_y$  и др.). Эта суспензия с электронной проводимостью, по-видимому, и является той субстанцией, которая в ограниченных временных условиях эксперимента вызывает смачивание катодной поверхности алюминием. Но при длительном процессе в промышленном электролизере слой суспензии без подпитки  $Ti-B-C$  соединениями заменится на обычную прослойку электролита с последующей потерей смачивания алюминием катодной поверхности.

Противоположная ситуация складывается в варианте электрохимического борирования катодной углеродтитановой поверхности. За ограниченное время эксперимента этот метод позволяет создать  $Ti-B-C$  смачиваемый слой на поверхности катода. Одновременно слой электролита, точнее сложный раствор оксикарбидов образуется под смачиваемым слоем. Источником алюминия для карбидообразования служит смачивающий катод металл, который осаждается на его поверхности и проникает через поры  $TiB_2$ -покрытия. Наличие пор в смачиваемом слое убедительно доказано в уже упомянутой работе [3].

При контакте электролита одновременно с углеродом катода и с покрытием в его слое может возникать градиент катодного потенциала. На нижней поверхности смачиваемого покрытия будем иметь анодный потенциал. В условиях сосуществования алюминия и углерода идут электрохимические процессы:



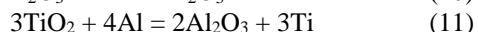
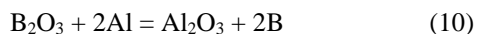
Но в принципе, проникновение алюминия в поры смачиваемого покрытия дает основания считать, что образование карбида алюминия возмож-



но и при контакте атомарного металла с углеродной поверхностью:

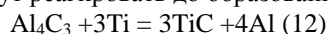


Накопление и рост слоя этого соединения может привести к отслоению покрытия и его разрушению. Но, с другой стороны, в электролитном слое под смачиваемым покрытием могут идти параллельные процессы, подавляющие образование карбида алюминия. Растворенные титан (из катода) и бор (электроосаждается) в виде своих оксидов также взаимодействуют с растворенным алюминием до образования элементарных титана и бора

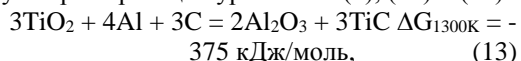


и последующего взаимодействия их между собой до образования боридов титана  $TiB_2$ .

Продукты реакций (9) и (11) при 960-1000°C могут реагировать до образования карбида титана:



Суммарная реакция уравнений (9), (11) и (12):



термодинамически благоприятствует подавлению роста и накопления твердой и растворенной фазы  $Al_4C_3$ .

В результате соединения карбида алюминия будут трансформироваться в сложный состав соединений из  $TiB_2-TiC-Al_2O_3$  и не только в поверхностных слоях, но и в объеме межзеренного пространства катода. Этот процесс растянут во времени, которого недостаточно в условиях лабораторного эксперимента, но достаточно в реальных промышленных условиях в соответствии с известным способом [21].

#### Заключение

Анализ феномена карбидообразования в различных условиях синтеза смачиваемых покрытий позволил с большей полнотой понять механизмы приобретения углеродной катодной поверхностью смачивающих свойств. При электрохимическом восстановлении  $Ti$  и  $B$  на неоднородной углеродной поверхности, смачивающие свойства катода обеспечивают не локально присутствующие  $Ti-B-C$  соединения, а карбооксидная прослойка суспензии сложного состава  $Al-Ti-B-O-C$ .

Образование на поверхности катода когерентного слоя двойных и тройных соединений в системе  $Ti-B-C$  не исключает появление карбида алюминия в теле катода под смачиваемым слоем. Но наличие плотного слоя и надежный эффект смачивания алюминием создает условия для подавления негативного развития процесса карбидообразования до индивидуальной фазы  $Al_4C_3$  или в виде ее растворов в фильтрате электролита  $Na_3Al_3CF_8$ .

Полученные сведения о феномене карбидообразования дают основания внести коррективы в технологию высокотемпературного электрохимического синтеза, смачиваемого алюминием  $Ti-B-C$  слоя на поверхности углеграфитового катода. Эти

коррективы приближают разрабатываемую технологию к коммерческим условиям.

#### Библиографический список

- Gorlanov, E.S. et al. Development of Technology for Producing an Al-Wettable Coating on a Carbon Cathode of Aluminium Pot. Part 1-4. // Proceedings contain the materials of the 31st International Conference ICSOBA and the 19th International Conference Aluminum of Siberia./ Edited by: Peter V. Polyakov and Andrey V. Panov. - Krasnoyarsk, Russia, 4 th– 6 th September 2013 – p. 634-692.
- Gorlanov, E.S. Development of Technology for Producing a Wettable Coating on a Carbon Cathode by Electrodeposition / G.V. Arkhipov, Y.S. Gorlanov // Light Metals. – 2012. – P. 1367–1372.
- E.S. Gorlanov. Nano- and the Microdimensional Coats Polycrystal Titanium-Containing the Bases a Method of Electrochemical Boronizing / E.S. Gorlanov, V.Yu. Bazhin // Smart Nanocomposites. – USA, Nova Science Publishers, Inc. – 2016. – Vol.7. – № 1. –P.75-88. – ISSN: 1949-4823.
- James, B. J. Interfacial Processes and the Performance of Cathode Linings in Aluminum Smelters / B.J. James, B.J. Welch et al. // JOM. – 1995. - №2. – P. 22-25.
- Wilkening, S. Erosion Rate Testing of Graphite Cathode Materials / S. Wilkening, P. Reny // Light Metals. – 2004. – P. 597-602.
- Ødegård R. On the solubility and electrochemical behavior of aluminum Carbide in cryolitic melts: Ph.D. thesis. University of Trondheim, 1986.
- Ødegård, R. On the solubility of aluminium carbide in cryolitic melts Influence on cell performance / Ødegård R. et al. // Light Metals. – 1987. – P. 295-302.
- Gudbrandsen, H. Cathodic dissolution of carbon in cryolitic melts / H. Gudbrandsen, A. Sterten, R. Odegerd // Light Metals. – 1992. – P. 521-528.
- Chrenkova, M. Dissolution of carbon and  $Al_4C_3$  in cryolite / M. Chrenkova // Slovak-Norwegian Symposium on Aluminium Electrowinning. – Trondheim, Norway, 2001. – P. 271-279.
- Dewing, E. W. Solubility of Aluminum Carbide in Cryolite Melts / E. W. Dewing // Transaction of the Metallurgical Society of AIME. – 1969. – P. 2181-2184.
- Liao, X. Carbon Cathode Corrosion by Aluminum Carbide Formation in Cryolitic Melts / X. Liao, H.A. Oye // Light Metals. – 1999. – P. 621-627.
- Ibrahiem, M. O. Stability of  $TiB_2-C$  composite coatings / M. O. Ibrahiem, T. Foosnass, H. A. Oye // Light Metals. – 2006. – P. 691-696.
- Ibrahiem, M. O. Chemical stability of pich-based  $TiB_2-C$  coatings on carbon cathodes / M. O. Ibrahiem, T. Foosnass, H.A. Oye // Light Metals. – 2007. – P.1041-1046.
- Rolseth, S. Studies on possible presence of an aluminium carbide layer or bath film at the bottom of aluminium electrolysis cells / S. Rolseth et al. // Light Metals. – 2009. – P. 423-428.

15. Vasshaug, K. Formation and dissolution of aluminium carbide in cathode blocks / K. Vasshaug et al. // *Light Metals*. – 2009. – P. 1111-1116.
16. Zoukel, A. Study of Aluminum Carbide Formation in Hall-Heroult Electrolytic Cells / A. Zoukel, P. Chartrand, G. Soucy // *Light Metals*. – 2009. – P. 1123-1128.
17. Coulombe, M.-A. Carburation Phenomenons at the Cathode Block Metal Interface / M.-A. Coulombe et al. // *Light Metals*. 2010, P. 811-816.
18. Lebeuf, M. Towards a better understanding of the carburation phenomenon / Lebeuf M. et al. // *Light Metals*, Edited by: Stephen J. Lindsay TMS (The Minerals, Metals & Materials Society). – 2011. – P. 1097-1102.
19. Novak, B. Formation of Aluminium Carbide in Hall-Heroult Electrolysis Cell Environments / B. Novak, A. P. Ratvik, Z. Wang, and T. Grande // *Light Metals*. – 2018. – P. 1215-1222.
20. Landry, J.-R. et al. Laboratory Study of the Impact of the Cathode Grade on the Formation of Deposits on the Cathode Surface in Hall-Heroult Cells / J.-R. Landry et al. // *Light Metals*. – 2018. – P. 1229-1233.
21. Пат. 2337184 Российская Федерация, МПК7 C25C 3/08. Способ получения и поддержания защитного смачиваемого покрытия на углеродистых блоках катодного устройства электролизёра для производства алюминия / Е.С. Горланов: Общество с ограниченной ответственностью «Эксперт-Ал». – № 2006142406/02; заявл. 30.11.2006; опубл. 27.10.2008 Бюлл. №30 – 11 с.

**Kazymyrenko Y.O.**

*Associate Professor Department of  
Materials Science and Technology of  
Metals Dept Admiral Makarov  
National University of Shipbuilding*

**Казимиренко Юлія Олексіївна**

*кандидат технічних наук, доцент*

*кафедри матеріалознавства і технології металів  
Національний університет кораблебудування  
імені адмірала Макарова*

#### **THEORETICAL JUSTIFICATION OF ENHANCEMENT OF TECHNICAL AND ECONOMIC AND OPERATIONAL INDICATORS OF ELEMENTS OF FLOATING FACILITIES FOR RADIOACTIVE CARGOES**

#### **ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕМЕНТІВ ПЛАВУЧИХ СПОРУД ДЛЯ РАДІОАКТИВНИХ ВАНТАЖІВ**

**Abstract:** The article gives a theoretical justification of technical and economic and operational indicators of modernized blocks of biological protection of floating facilities, which are intended for storage and loading of radioactive cargoes, in particular which are with final heat release. To this end, technological measures have been developed for the implementation of constructive changes and a technological comprehensive coefficient has been developed, which takes into account mass minimization, material costs, rational use of materials, complexity of work execution and complexity of structures; tense-deformed state of a tank with liquid cargo has been analyzed; according to the results of the allocation of temperature fields and air streams, compliance with the conditions of thermal safety has been determined.

**Keywords:** *floating facilities, radioactive cargoes, technical and economic indicators, energetic criteria, technological criteria.*

**Анотація:** В статті надано теоретичне обґрунтування техніко-економічних і експлуатаційних показників модернізованих блоків біологічного захисту плавучих споруд, призначених для зберігання та перевантаження радіоактивних вантажів, зокрема з остаточним тепловиділенням. Для цього розроблено технологічні заходи щодо реалізації конструктивних змін та визначено комплексний коефіцієнт технологічності, що враховує мінімізацію маси, матеріальних витрат, раціональне використання матеріалів, трудомісткість виконання робіт і складність конструкцій; проаналізовано напружено-деформований стан цистерни з рідким вантажем; за результатами розподілу температурних полів та потоків повітря визначено дотримання умовам теплової безпеки.

**Ключові слова:** *плавучі споруди, радіоактивні вантажі, техніко-економічні показники, енергетичні критерії, критерії технологічності.*

#### **Постановка проблеми.**

Проблема створення спеціалізованих плавучих об'єктів для радіоактивних речовин пов'язана з необхідністю перевантаження та короткочасного зберігання відсортованих радіоактивних відходів атомних електростанцій, списаного обладнання

галузевих лабораторій, технічних рідин з метою подальшої переробки або захоронення. Вантажна зона, де розміщуються цистерни або баки з радіоактивними вантажами (РАВ) відокремлюються біологічним захистом, який для випадків зберігання високоактивних РАВ має вигляд заливки з радіа-

ційно стійкого бетону, обмеженого корпусом із плакованої сталі [1]. Конструктивні особливості біологічного захисту є такими, що його не можливо розділити на окремі фрагменти, тобто дослідний об'єкт вважається блоком. Товщини біологічного захисту розраховуються, виходячи з максимально небезпечних характеристик РАВ, що призводить до збільшення масогабаритних показників всього блоку, обмежуючи завантаженість плавучої споруди, зокрема через додаткове облаштування засобами примусового охолодження. Через те, що більшість плавучих баз побудовано та переобладнано під плавучі технічні споруди у 60-70 роки минулого століття і є морально застарілими проблема оновлення флоту вимагає створення нових проектів, які відповідатимуть сучасним вимогам зберігання та транспортування РАВ, максимально пристосовані до їх енергетичних характеристик і агрегатного стану.

#### **Виділення невирішених раніш частин загальної проблеми.**

Постановці та розв'язанню задач, пов'язаних розробкою раціональної конструкції блоку біологічного захисту для плавучих споруд, присвячено роботи [2, 3], у яких за проектний критерій обрано обмеження потужності остаточного тепловиділення радіоактивних вантажів. За результатами моделювання проектної ситуації пропонується зменшити товщини бетонної заливки з 800 до 200 мм та замінити матеріал цистерн для РАВ: замість нержавіючої сталі марки 12X18H10T (ГОСТ 5632-72) використовувати вуглецеву сталь звичайної якості марки ВСтЗсп (ГОСТ 5521-93). Для забезпечення необхідної радіаційної та хімічної стійкості на внутрішню поверхню цистерн рекомендується нанести захисний шар метал-скляного електродугового покриття товщиною до 2 мм [4]. Проте практична реалізація результатів задач проектування неможлива без теоретичного обґрунтування техніко-економічних та експлуатаційних показників.

Сучасна практика [5–7] вибору раціональних конструктивних рішень при проектуванні суден, елементів та конструкцій ґрунтується на розв'язанні оптимізаційних задач і розробці технологічних рекомендацій з визначенням матеріальних витрат і необхідної міцності. Для цього застосовуються моделі: економічної ефективності з вартістю життєвого циклу судна як ресурсного показника [5]; міцності з розробкою ефективних практичних рекомендацій щодо виготовлення і монтажу модулів на судні з використанням перспективних матеріалів [6]; оптимального проектування сталевих конструкцій за комплексними показниками [7]. В роботі [8] автори наводять техніко-економічне обґрунтування заміни матеріалів, де як оптимізаційний параметр обрано комплексний коефіцієнт технологічності, що враховує мінімізацію маси, матеріальних витрат, раціональне використання матеріалів, трудомісткість виконання робіт і складність конструкцій. Проте підвищення експлуатаційних вимог до блоків біологічного захисту як великовантажних елементів плавучих

споруд вимагає додаткового розв'язання функціональних задач.

**Мета роботи** – надати теоретичне обґрунтування техніко-економічних і експлуатаційних показників блоків біологічного захисту на основі введення комплексних показників щодо вибору раціонального конструктивного рішення та розв'язання задач технологічності, міцності і теплової безпеки.

Для цього необхідно:

1) розробити технологічні заходи щодо реалізації конструктивних змін блока біологічного захисту;

2) виконати аналіз напружено-деформованого стану цистерни при заповненні її рідкими РАВ;

3) визначити вплив зменшення товщини бетонного шару на циркуляцію потоків повітря та розподіл температурних полів з метою дотримання умов теплової безпеки.

#### **Виклад основного матеріалу.**

*Характеристика блоку біологічного захисту і методи дослідження.*

Проектне дослідження модернізованого блоку біологічного захисту виконано на прикладі плавбази, яку у зарубіжній практиці застосовано для тривалого зберігання високоактивних відходів, зокрема рідких РАВ, відпрацьованого ядерного палива, технологічного устаткування [1]. Це є несамохідне судно з наступними розмірностями: довжина  $L = 5,8$  м; ширина  $B = 11,5$  м; з висота борта  $h = 6$  м), де радіоактивний вантаж розміщується у двох герметично закритих сталевих кришкою товщиною 300 мм циліндричних цистернах діаметром 3,6 м і висотою 3,4 м, що виготовлені з вуглецевої сталі ВСтЗ (ГОСТ 5521-93) та розташовані в середині блоку біологічного захисту. На внутрішню поверхню цистерн нанесено шар товщиною 2 мм метал-скляного електродугового покриття на основі суцільнотягнутого дроту марки Св-АМг5 (ГОСТ 7871-75); внутрішня поверхня кришки цистерни облицьована шаром склоалюмінієвого композиційного матеріалу, виготовленого за технологією порошкової металургії [9]. На відміну від судна-прототипу (рис.1) за результатами розробок автора, викладених в роботах [2, 3] зменшено товщину бетонного шару до 200 мм. Вирішення поставлених у статті завдань спрямовано на підвищення на відміну від прототипу наступних техніко-економічних і експлуатаційних показників блоку біологічного захисту: масогабаритних показників і пов'язаних з ними матеріальними витратами та собівартістю; пристосованістю до вантажних операцій; розширення асортименту вантажів і кількісних показників вантажообігу; можливість зберігання РАВ у твердому та рідкому агрегатному стані; полегшення технологічного обслуговування; можливість зберігання РАВ з певним остаточним тепловиділенням без обладнання плавучих споруд додатковими засобами примусового охолодження.

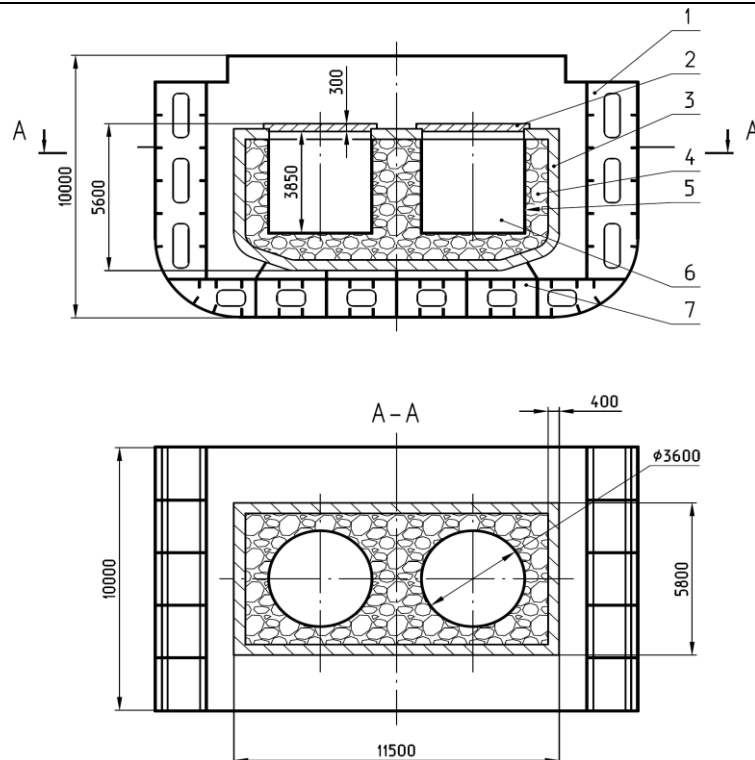


Рис. 1. Конструктивна схема вантажної зони плавучої споруди-прототипу:  
1 – подвійний борт; 2 – кришка; 3 – зовнішній корпус;  
4 – бетонна заливка; 5 – цистерни для ПАВ; 6 – ПАВ; 7 – подвійне дно

За методи досліджень в роботі обрано: систематехнічний підхід з введенням комплексного коефіцієнта технологічності [10], проектне дослідження [11], яке ґрунтується на аналізі даних розрахунково-графічної моделі з висновками та пропозиціями щодо подальших розробок, аналітично-графічне оцінювання напружно-

деформованого стану для ідеально циліндричної оболонки [12], числове моделювання з використанням методу скінчених об'ємів [13]. Поставлені задачі розв'язано для геометричної моделі одиної цистерни з багатошаровою теплопровідною стінкою (рис. 2).

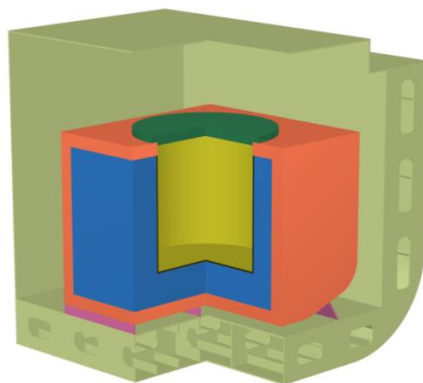


Рис. 2. Геометрична модель одиної цистерни з багатошаровою теплопровідною стінкою

Розробка і оцінка ефективності технологічних заходів щодо реалізації конструктивних змін здійснюється за комплексним коефіцієнтом технологічності, який за результатами побудови номограм [8] складає 6,0...7,0; його складові показники проаналізовано в табл. 1. Результати показали, що зменшення товщини бетонного шару з 800 до 200

мм сприяє скороченню на 30 % матеріалоемності, проте ускладнено технологічні показники: збільшення на 20 % трудомісткості формування бетонного шару циліндричної форми пов'язано з влаштуванням знімної опалубки навколо цистерни, яка складається зі сталевих листів товщиною 5...10 мм, що з'єднуються між собою за допомогою бов-



тів, або сіток з розміром комірки 5×5 мм або 8×8 мм, яка натягується уздовж усій обмежувальній поверхні, залишаючи зазор у 5...7 мм для термічного розширення. Вибір марки бетонної суміші ґрунтується на відповідності вимогам радіаційної стійкості, морозостійкості, водонепроникненості і

терміну служби не менш ніж 50 років: для цього рекомендовано бетони марки М500, М700 (клас на стискання В50), F300, W8 [14], на який додатково наноситься вогнезахисне покриття товщиною шару 1 мм, для чого рекомендується застосовувати наповнені силкатами Hf, Sc, Yb фарби [15].

Таблиця 1

Комплексні показники технологічності блоку біологічного захисту

Показники	Критерії оцінювання	Корегування
Матеріаломісткості	$K_m = \frac{M_i}{M_{ni}}$ – відношення чистої маси конструкції $M_i$ до номінального значення маси $M_{ni}$ $i$ -го матеріалу для виготовлення конструкцій	Скорочення на 30 % матеріаломісткості; зниження удвічі маси бетонної заливки (при щільності бетону 2298 кг/м <sup>3</sup> [14]) та маси блоку
Складності конструкції	$K_{cl} = \frac{n^{\delta}}{n^{nb}} \cdot K_2$ де $K_2$ – коефіцієнт, що враховує габарити дослідної конструкції; $n^{\delta}$ – кількість складових елементів конструкції; $n^{nb}$ – кількість складових елементів конструкції конкурентного аналога (традиційного виду)	У порівнянні з прототипом не змінено
Технологічності конструкції за трудомісткістю	$K_T = 1 - \frac{T_i}{T_a}$ де $T_i$ – час підготовчої обробки перед монтажем для дослідної конструкції; $T_a$ – час підготовчої обробки перед монтажем для конкурентної конструкції аналога (традиційний вид).	На 20 % ускладнено трудомісткість робіт щодо формування бетонної заливки, на 15 % – за рахунок нанесення електродугових покриттів замість лакофарбових

Заміна лакофарбового покриття, який із середини було захищено цистерну, виготовлену із нержавіючої сталі, на нове метал-скляне електродугове покриття, пов'язано з 15 % збільшенням коефіцієнту трудомісткості, що викликано змінами у технологічному процесі, який включає в себе виготовлення вертикальних цистерн для РАВ як невід'ємної частини блоку, де захист внутрішніх поверхонь забезпечує надійну експлуатацію та можливість зберігання на плавучих спорудах широкого асортименту вантажів. Перед нанесенням метал-скляних покриттів здійснюється струминно-абразивна обробка внутрішньої поверхні цистерни, після якої не повинно залишатись заусенців, залишкового флюса, раковин, тріщин, зварювальних бризок. Для уникнення утворення конденсаційного шару вологи, який призводить до зниження міцності зчеплення покриття на напилювальною поверхнею, необхідно підтримувати температуру в цеху на рівні кімнатної (18±2 °С). Якщо нанесення покриття відбувається на судні (у випадку ремонту) або у приміщенні з меншою температурою, достатньо попереднього нагрівання поверхні до 100...120 °С. Як джерело нагрівання

може бути використано струмінь продуктів згоряння електродугового апарату без подачі напилювального матеріалу. При виготовленні цистерни покриття наноситься виключно на внутрішню бокову поверхню, на її дно – після з'єднання з фундаментною плитою. Для напилення внутрішніх поверхонь цистерни як тіл обертається застосовується обертач. Товщина шару за один прохід становить 0,10...0,25 мм, тобто для напилення  $\delta = 1,5...2$  мм процес здійснюється у декілька проходів. Контроль товщини шару покриття вимірюється у трьох перетинах (по три виміру у кожному перетині). Після закінчення процесу напилення поверхня очищується за допомогою металевої щітки.

Проведені за геометричними розмірами моделей (рис. 1 і 2) оціночні розрахунки довели зниження маси бетонної заливки (при щільності бетону 2298 кг/м<sup>3</sup> [14]) більш ніж удвічі. Враховуючи те, що масу блока у порівнянні з існуючими варіантами знижено, у роботі не виконуються розрахунки місцевої міцності плавучої технічної бази.

*Аналитично-графічне оцінювання напружено-деформованого стану удосконаленої цистерни з РАВ.* Реалізація розроблених конструктивних і те-

хнологічних заходів для випадків зберігання на плавучих спорудах рідких РАВ пов'язана з вирішенням додаткових завдань щодо аналізу напружено-деформованого стану бака по поверхні бетон-сталь-покриття. Заміна матеріалу бака (цистерни) при зберіганні товщини його стінки та зменшення до 200 мм товщини бетонної заливки, зокрема в районі дна цистерни (рис. 2) у випадках зберігання рідких радіоактивних вантажів може викликати деформації стінки в зоні нижнього вузла. Аналітично-графічне оцінювання напружено-деформованого стану (НДС) стінка-дно, виконано

на прикладі ідеальної циліндричної оболонки, все-симетрично навантаженої гідростатичним тиском без урахування фізичної і геометричної нелінійності матеріалу конструкції [10]. Розрахункова схема (рис. 3, а) враховує радіальне переміщення стінки  $W_x$ ; вертикальне переміщення днища  $W_y$ ; тиск рідини  $P_x$  на висоті  $x$ ; тиск рідини  $P$  на дно, тобто при  $x = 0$ ; реакцію опори  $q(y)$ , а також  $M_x$ ,  $M_y$  – згинальні моменти та  $Q_x$ ,  $Q_y$  – поперечні сили у стінки (за координатою  $x$ ) та днищі (за координатою  $y$ ).

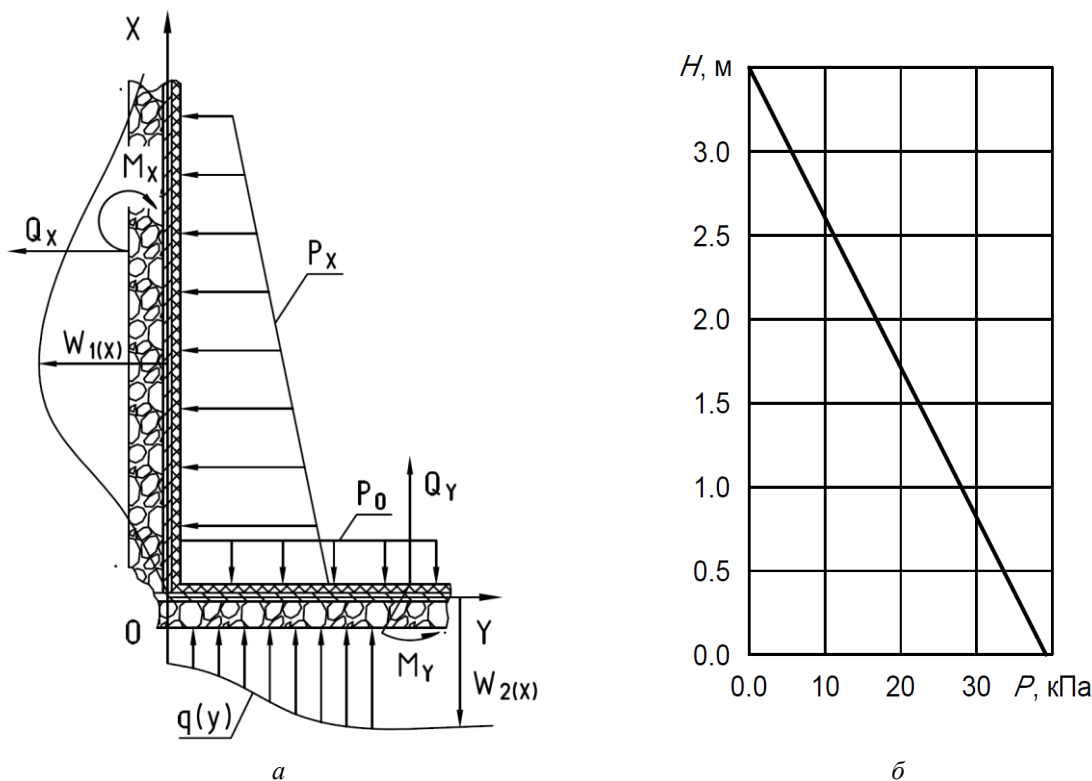


Рис. 3. Результати аналітично-графічного оцінювання НДС стінка-дно:  
а – розрахункова схема; б – напруження в стінці бака

Узагальнене диференціальне рівняння [10] замкненої кругової циліндричної оболонки, яка знаходиться під дією вісесиметричного гідростатич-

$$D \frac{d^4 \omega}{dx^4} + \frac{(E_{бет} \cdot \delta_{бет} + E_{ст} \cdot \delta_{ст} + E_{пок} \cdot \delta_{пок})}{r^2} \omega = P(x), \quad (1)$$

де  $D$  – циліндрична жорсткість;  $P(x)$  – інтенсивність зовнішнього навантаження;  $x$  – координата висоти прогину;  $r$  – радіус циліндричного бака;  $E_{бет}$ ,  $E_{ст}$ ,  $E_{пок}$  – модуль пружності відповідно бетону, сталі, метал-скляного покриття;  $\delta_{бет}$ ,  $\delta_{ст}$ ,  $\delta_{пок}$  – товщина шару відповідно бетону, сталі, метал-скляного покриття;  $\omega$  – значення прогину у радіальному напрямку, який визначається як

$$\omega = -\frac{\rho r^2}{E_{екв} \delta_{екв}} X, \quad (2)$$

де  $\rho$  – густина рідини;  $\delta_{екв}$  – еквівалентна товщина стінки, визначається як  $\delta_{екв} = \delta_{бет} + \delta_{ст} + \delta_{пок}$ ;  $E_{екв}$  – еквівалентний модуль пружності багатошарової стінки бака (ви-

ного навантаження, з урахуванням багатошарової стінки буде мати вигляд

значено за середніми значеннями);  $X$  – координата, еквівалентна висоті стінки.

При постановці задачі висунуто припущення, що вільна поверхня рідини є плоскою. Крім того, не враховано рух рідини внаслідок качки. Сили, позначені у розрахунковій схемі, прикладаються одночасно; еквівалентну стінку слід вважати жорсткою. Задачу розв'язано як вісесиметричну, у лінійній постановці за допомогою методу скінчених елементів. Для завдання гідростатичного навантаження обрано наступні параметри: висота завантаження – 3,5 м; радіус циліндричного бака – 1,8 м; густина рідини – 1140 кг/м<sup>3</sup>; значення гравітаційної сталої – 8,91 кг/(м·с); гідростатичне навантаження – 40 кПа. Задачу розв'язано методом скінчених елементів [13] (рис. 3б); результати наведені

у вигляді розподілу напружень по висоті стінки. Розрахунки за формулою (2) прогину довели жорсткість циліндричної стінки через бетонний шар. Одержані результати показали лінійність побудованої моделі; розрахункова похибка пов'язана з приблизними значеннями еквівалентних модулів пружності.

Вплив зменшення товщини бетону на тепловий стан вантажної зони проаналізовано на прикладі моделювання теплових процесів для конструкції блоку з вкладеними цистернами (рис. 3), де за мету досліджень поставлено визначення температурних полів та безпечної циркуляції потоків повітря між цистернами та корпусом блока біологічного захисту.

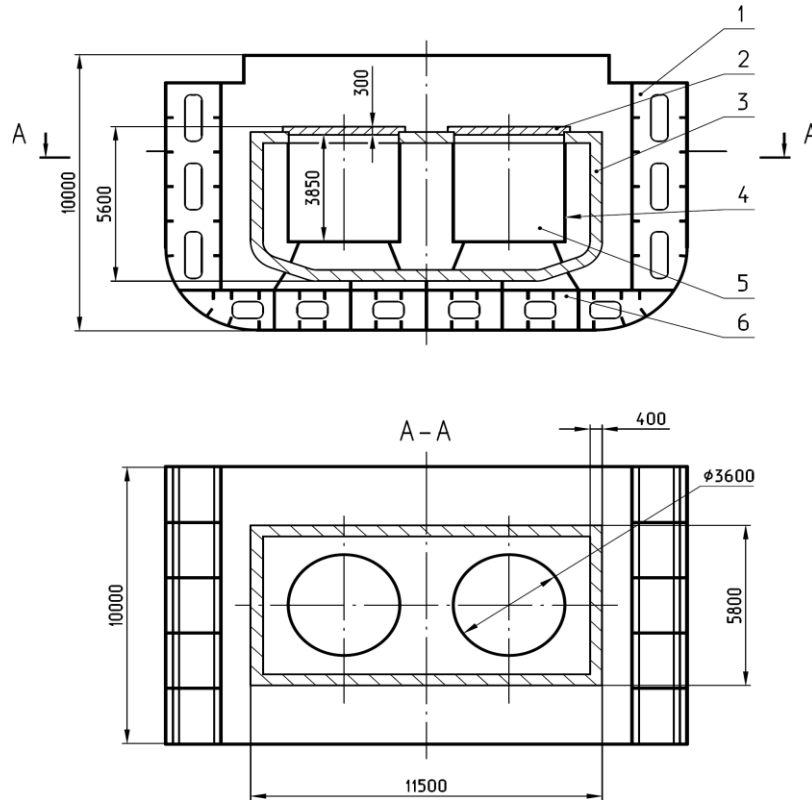


Рис. 3. Розрахункова схема для моделювання процесів теплообміну у вантажній зоні плавучої споруди (варіант з вкладеними цистернами):

1 – подвійний борт; 2 – кришка; 3 – зовнішній корпус;  
4 – вкладені цистерни для РАВ; 5 – вантаж; 6 – подвійне дно

Розрахунки показали, що зменшення товщини бетонного шару до 200 мм сприятиме більш інтенсивній циркуляції повітря між цистернами з РАВ та корпусом блока біологічного захисту. За результатами числового моделювання визначено неоднорідність розподілу полів температур (табл. 2) по об'єму вантажної зони плавучої споруди: най-

більш розігрітою є частина моделі (рис. 2), наближена до кришки, де температура РАВ складає 337...690 К; у просторі подвійного дна температура значно нижче – 290...330 К, що пояснюється інтенсивним зніманням теплоти за рахунок конвективного теплообміну.

Таблиця 2

Середні значення температур у вантажній зоні

Температури у вантажній зоні	Потужність тепловиділення, Q		
	2 кВт	8 кВт	20 кВт
T вантажу, К	337	450	690
T стінки цистерни, К	320	410	570
T повітря під кришкою, К	350	470	690
T зовні кришки, К	330	350	450
T повітря всередині блока	325	390	450
T <sub>зов</sub> зовні корпусу, К	315	350	410...370
T подвійного борту, К	310	310	330
T подвійного дна, К	290	290	290...330

Внаслідок екзотермічних реакцій у повітрі можуть виникати скупчення шкідливих та небезпечних речовин, що збільшує ризик виникнення аварійних ситуацій. Проте така конструкція сприятиме відведенню тепла завдяки потокам повітря,

які омивають стінки цистерни зі швидкістю 0,23...0,38 м/с та циркулюють зі швидкістю 0,1...0,2 м/с у просторі між зовнішнім корпусом блоку та цистерною, як це доведено у табл. 3.

Таблиця 3

Середні значення швидкостей потоків повітря у вантажній зоні

Швидкість повітря у вантажній зоні, м/с	Потужність тепловиділення, $Q$		
	2 кВт	8 кВт	20 кВт
$V$ біля стінок цистерн	0,082	0,23	0,38
$V$ під кришкою	0,16	0,24	0,58
$V$ уздовж корпусу блоку	0,24	0,1	0,2
$V$ біля подвійного борту	0,082	0,11	0,14
$V$ у подвійного дна	0,05	0,05	0,05

Одержані результати показали можливість безпечного зберігання у відповідності з Правилами МАГАТЕ РАВ з остаточним тепловиділенням до 8 кВт ( $Q_{\text{шт}} = 230 \text{ кВт/м}^3$ ) без додаткового улаштування засобами примусового охолодження.

#### Висновки

1. За результатами досліджень комплексних показників технологічності блока біологічного захисту надано теоретичне обґрунтування для розробки технологічних заходів, які полягають у заміні матеріалу вертикальної цистерни з нержавіючої сталі марки 12X18H10T на вуглецеву сталь марки ВСт3 з нанесеним на внутрішню поверхню метал-скляним електродуговим покриттям, зменшенні товщини бетонного шару з 800 до 200 мм, що дає змогу знизити масу блока більше ніж у два рази та зберігати вантажі підвищеної щільності, зокрема рідкі.

2. Ефективність зменшення товщини бетонного шару підтверджено результатами теоретичних досліджень напружено-деформованого стану стінки цистерни (з метал-скляним покриттям) – дно, аналітично-графічне оцінювання якого з побудовою епюр прогину та визначенням напружень в стінці під дією вісесиметричного гідростатичного навантаження до 40 кПа з урахуванням багатопарової стінки показало можливість зберігання рідких РАВ з густиною до 1140 кг/м<sup>3</sup>.

3. Доведено можливість зберігання на плавучих спорудах без обладнання засобами примусового охолодження РАВ з питомим остаточним тепловиділенням на рівні 230 кВт/м<sup>3</sup>: результати розрахунків щодо розподілу температурних полів і потоків повітря у вантажній підтвердили ефективність зменшення товщини бетонного шару, що позитивно впливає на відведення тепла з розігрітих ділянок потоками циркулюючого повітря.

Одержані наукові результати спрямовані на підвищення техніко-економічних і експлуатаційних показників елементів біологічного захисту плавучих споруд, такі як зниження масогабаритних показників, розширення асортименту вантажів за рахунок можливостей зберігання рідких РАВ та речовин з остаточним тепловиділенням. Подальші дослідження пов'язані розробкою організаційно-технічних заходів і прогнозуванням динаміки економічної ефективності.

#### Література

1. Анитропов, В. А. Конструктивные отличия судов АТО и организационно-технические системы их утилизации / В. А. Анитропов, Н. И. Александров, А. Я. Розинов // Вопросы утилизации АПЛ : бюл. – 2005. – № 2/6. – С. 32.
2. Казимиренко, Ю. А. Решение задач теплообмена при перевозке и хранении радиоактивных грузов на плавучих сооружениях / Ю. А. Казимиренко // Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy. – Baki : Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası, 2016. – № 2. – С. 20–27
3. Казимиренко, Ю. А. Влияние энергетических параметров радиоактивных грузов на процессы теплопереноса и прочность композитных конструкций плавучих сооружений / Ю. А. Казимиренко // East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. – 2016. – № 4 (8), vol. 7. – P. 58–63.
4. Казимиренко, Ю. О. Коррозийный захист сталевих цистерн для зберігання рідких радіоактивних речовин на плавучих спорудах / Ю. О. Казимиренко // East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. – 2016. – № 7 (11), vol. 2. – P. 16–21.
5. Некрасов, В. А. Определение оптимальных характеристик быстроходного пассажирского судна / В. А. Некрасов, Нгуен Гуй Хоанг // Вісник НУК імені адмірала Макарова (електрон. вид.). – Миколаїв : НУК, 2012. – С. 23–29.
6. Конструювання CNG-модуля для транспортування природного газу суднами-контейнеровозами / Є. І. Крижанівський, В. І. Артим, О. М. Мандрик, М. М. Савицький // Нафтогазова енергетика. – 2012. – № 1 (17). – С. 28–34.
7. Гинзбург, А. В. Постановка задачи оптимального проектирования стальных конструкций / А. В. Гинзбург, А. А. Василькин // Вестник МГСУ. – 2014. – № 6/20. – С. 52–62.
8. Казимиренко, Ю. А. Оценка технологичности композитных конструкций судов и плавучих сооружений на основе системотехнического подхода / Ю. А. Казимиренко, В. В. Савочкина // Технологический аудит и резервы производства : науч. журн. – X. : Технологический центр, 2015. – № 4/1 (24). – С. 65–68.
9. Казимиренко, Ю. А. Закономерности формирования металлостеклянных материалов и по-

крытий с повышенными рентгенозащитными свойствами / Ю. А. Казмиренко // Технологический аудит и резервы производства : науч. журн. – Х. : Технологический центр, 2013. – № 6/2 (14). – С. 4–8.

10. Павлов, И. Д. Системотехническая оценка комплексной технологичности проектных решений строительных конструкций бионического типа [Текст] / И. Д. Павлов, М. А. Каплуновская // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. – Днепропетровск: Приднепровская гос. Академия строительства и архитектуры, 2009, Вып. 50. – С. 232 – 236.

11. Волков, А. А. Развитие методологии поиска проектного решения при проектировании строительных металлоконструкций / А. А. Волков, А. А. Василькин // Вестник МГСУ. – 2014. – № 9. – С. 123–127.

12. Тарасенко, А. А. Напряженно-деформированное состояние вертикальных стальных резервуаров при ремонтных работах / А. А. Тарасенко. – М. : Недра, 1999. – 271 с.

13. Смирнов, Е. М. Метод конечных объемов в приложении к задачам гидрогазодинамики и теплообмена в областях сложной геометрии / Е. М. Смирнов, Д. К. Зайцев // Научно-технические ведомости СПбПУ. – 2004. – № 2. – С. 2–22.

14. Пичугин, А. Д. О развитии серобетонного судостроения / А. Д. Пичугин // Вестн. АГТУ. – Астрахань, 2007. – № 2 (37). – С. 114–117.

15. Яковчук, Р. С. Исследование огнезащитной эффективности наполненных кремнийорганических покрытий для бетона / Р. С. Яковчук, Р. Б. Веселивский // ВіТР. – 2014. – Vol. 36, Iss. 4. – P. 59–64.

**Azarov S.I.**

*Doctor of technical sciences, Senior researcher  
Leading researcher, Institute for Nuclear Research  
National Academy of Sciences of Ukraine*

**Sydorenko V.L.**

*Candidate of technical sciences, Associate professor  
Professor of the Department of Fire Prevention and Life Safety of Citizens  
of the population, Institute of Public Administration in the Sphere of Civil Protection*

**Zadunaj O.S.**

*Head of center, State Research Institute for Special Telecommunication  
and Information Protection*

**Азаров Сергій Іванович**

*доктор технічних наук, старший науковий співробітник  
провідний науковий співробітник, Інститут ядерних досліджень НАН України*

**Сидоренко Володимир Леонідович**

*кандидат технічних наук, доцент  
професор кафедри профілактики пожеж та безпеки життєдіяльності  
населення, Інститут державного управління у сфері цивільного захисту*

**Задунай Олексій Сергійович**

*начальник центру, Державний науково-дослідний інститут спецв'язку  
та захисту інформації*

## ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES IN OPERATION OF STORAGE FACILITIES FOR SPENT NUCLEAR FUEL

### ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОКРОГО СХОВИЩА ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

**Abstract.** Forecast calculations and analysis of radiation effects on environmental components during the operation of a wet storage of spent nuclear fuel have been carried out. It is shown that in the normal operation of the storage facility, the radiation effects on the environment are insignificant. However, in case of accidents, the severity of the environmental consequences will be significant for the environment and preventive measures should be applied.

*Keywords: ISF, principles and criteria of ecological safety, spent nuclear fuel, nuclear fuel storage facility.*

**Анотація.** Проведено прогностичні розрахунки й аналіз радіаційних впливів на компоненти навколишнього середовища в процесі експлуатації мокрої сховища відпрацьованого ядерного палива. Показано, що в умовах нормальної експлуатації сховища радіаційні впливи на навколишнє середовище несуттєві. Проте у випадку виникнення аварій тяжкість екологічних наслідків для довкілля буде суттєва, тому необхідно застосовувати превентивні заходи захисту.

*Ключові слова: СВЯП, принципи і критерії безпеки, відпрацьоване ядерне паливо, сховище ядерного палива.*

**Постановка проблеми.** На території України з метою створення власного ядерно-паливного циклу експлуатації збудовано та функціонує мокре сховище відпрацьованого ядерного палива Чорнобильської АЕС (СВЯП-1). Причини, що можуть призвести до виникнення аварії на СВЯП-1, можна розділити на зовнішні і внутрішні. До зовнішніх відносяться раптове припинення забезпечення безаварійної та безперебійної роботи СВЯП-1, стихійні лиха, різні прояви тероризму, військові конфлікти тощо. Серед внутрішніх причин особливе значення мають значний фізичний і моральний знос обладнання, порушення технологічної та виробничої дисципліни, недостатня кваліфікація обслуговуючого персоналу, проектно-конструкторські помилки і недоробки та ін.

Для забезпечення безпечного функціонування СВЯП-1 воно повинно відповідати всім сучасним вимогам з безпеки як за нормальних умов експлуатації, так і під час аварійних ситуацій. До цих вимог належать:

- забезпечення ядерної безпеки;
- забезпечення радіаційної безпеки (прийнятним рівнем потужності дози іонізуючого випромінювання на поверхні басейну витримки (БВ) та поряд з ним);
- забезпечення теплової безпеки (допустимої температури оболонок тепловідляючих елементів (ТВЕЛ) і елементів БВ);
- забезпечення надійності (герметичності БВ і цілісності його вмісту) під час статичних і динамічних навантаж.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Над проблемою дослідження безпеки СВЯП працюють багато вітчизняних і закордонних спеціалістів та науковців. Різні аспекти та окремі підходи до дослідження цієї проблеми висвітлено у чисельних працях [1], але через те, що цей процес є безперервним, постійним і надзвичайно актуальним, дослідження тривають. Необхідно зазначити, що для подібного ядерно радіаційно небезпечного об'єкту комплексна оцінка безпеки за допомогою декількох критеріїв до цього не виконувалася.

**Виділення невирішених частин проблеми.** Аварії на Чорнобильській АЕС (1986) і на АЕС Fukushima-Daiichi (Японія) [2, 3] стали поштовхом для перегляду філософії оцінки безпеки ядерних установок, концентрації зусиль міжнародної спільноти щодо інтенсивного обміну досвідом та сучасними національними досягненнями у галузі безпечного використання ядерної енергії, підготовки низки фундаментальних конвенцій під егідою МАГАТЕ, на яких сьогодні будується міжнародний режим забезпечення ядерної та радіаційної безпеки.

**Формулювання цілей статті.** Метою даної роботи є розкриття аспектів, що сприяють обмеженню шкідливого впливу аварійних викидів СВЯП-1 на навколишнє природне середовище та здоров'я людини.

**Виклад основного матеріалу. Цілі і завдання забезпечення екологічної безпеки.** Основною метою забезпечення екологічної безпеки в процесі

експлуатації СВЯП-1 є запобігання неконтрольованого розвитку ядерних реакцій і поширення радіації. СВЯП-1 є безпечним, якщо радіаційний вплив від нього на персонал, населення і навколишнє середовище не перевищує встановлених меж за нормальної експлуатації і під час проектних аварій та обмежується прийнятними значеннями під час важких (запроектних) аварій.

Екологічна безпека СВЯП-1 повинна забезпечуватись на всіх етапах його життєвого циклу від проектування до зняття з експлуатації. Під час проектування закладаються основи екологічної безпечної експлуатації СВЯП-1. Для цього в проекті в повному обсязі враховуються основні принципи екологічної безпеки, а також використовуються системи безпеки і такі проектні рішення за яких установка має властивості самозахисності, зумовленими фізичними і технічними характеристиками обладнання і систем СВЯП-1.

Відповідно до принципу глибокоешелонного захисту для запобігання або обмеження несприятливих наслідків збоїв і відмов технічних засобів і помилок персоналу передбачається кілька послідовних рівнів захисту СВЯП-1. Найважливішою вимогою принципу глибокоешелонного захисту є організація ряду фізичних бар'єрів, що повинні запобігти поширенню продуктів поділу в навколишнє середовище під час їх потенційно можливого витоку з паливної композиції. У СВЯП-1 наявна така система послідовних бар'єрів безпеки, що забезпечує надійне утримання радіоактивних речовин у заданих обсягах або межах споруд [4]:

- паливна матриця;
- оболонки ТВЕЛів;
- кордони першого контуру теплоносія (корпус реактора, трубопроводи та - обладнання систем першого контуру);
- герметичне огороження локалізуючих систем безпеки (наприклад, захисна оболонка).

Кожен фізичний бар'єр проектується і виготовляється з урахуванням спеціальних норм і правил для забезпечення його підвищеної надійності. Аналізуючи безпеку, необхідно переконатися в ефективності цих бар'єрів як в умовах нормальної експлуатації, так і в аварійних ситуаціях. Так, для забезпечення цілісності ТВЕЛу як бар'єру безпеки необхідна підтримка заданого температурного режиму його роботи, а також обмеження механічного та корозійного впливу на оболонку. Для цього встановлюють проектні межі на запас до кризи теплообміну, температуру палива, внутрішній тиск газу під оболонкою, напругу і деформацію оболонки, накопичену втомну, циклічну пошкоджувальність тощо.

В процесі експлуатації бар'єри безпеки повинні перебувати в працездатному стані, що забезпечується підтримкою параметрів СВЯП-1 в заданих проектних межах, а також контролем цілісності та ефективності бар'єрів безпеки. Крім встановлення фізичних бар'єрів безпеки передбачаються технічні та адміністративні заходи по збереженню працездатності цих бар'єрів. Також, незважаючи на всі вжиті заходи щодо запобігання

аваріям, плануються заходи щодо захисту населення і навколишнього середовища в разі руйнування бар'єрів. На рис. 1 схематично зображено

основні критерії забезпечення безпеки в процесі експлуатації СВЯП-1.



Рисунок 1 – Основні критерії забезпечення безпеки в процесі експлуатації СВЯП

Для забезпечення безпеки СВЯП-1 необхідно:

1) обґрунтувати поточний рівень безпеки сховища ВЯП (в період до його консервації і закриття) і визначити необхідність втручання для забезпечення радіаційної безпеки працівників (персоналу) і населення;

2) провести за необхідності всі практично здійсненні заходи з метою підвищення безпеки, спрямовані на реалізацію наступних принципів:

- неперевищення допустимих меж індивідуальних доз опромінення працівників (персоналу) і населення (принцип нормування);

- підтримання на можливо низькому рівні з урахуванням економічних і соціальних факторів індивідуальних доз опромінення і числа опромінованих осіб з населення (принцип оптимізації);

- зменшення шкідливого впливу в результаті зниження доз повинно бути достатнім для обґрунтування збитків і витрат, в тому числі соціальних, пов'язаних з таким втручанням;

3) обґрунтувати довготривалу безпеку СВЯП і визначити необхідність втручання для забезпечення радіаційного захисту населення;

4) прийняти, за необхідності, всі практично здійсненні заходи щодо забезпечення довгострокової безпеки СВЯП.

*Об'єкти досліджень.* Об'єктом досліджень є радіаційні впливи на довкілля під час експлуатації

СВЯП-1 на території чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ) у випадках виникнення аварійних ситуацій в процесі експлуатації. На етапі експлуатації СВЯП-1 екологічна безпека на території ЧЗВ – радіоактивно забруднена територія, де заборонено постійне проживання цивільного населення, забезпечується веденням технологічних режимів відповідно до технологічного регламенту, інструкцій з експлуатації та іншими регламентуючими документами. Важливою умовою безпеки експлуатації є також наявність необхідного рівня підготовки персоналу й організації робіт. Етап експлуатації є найтривалішим в життєвому циклі СВЯП-1. Під час розгляду питання екологічної безпеки в процесі експлуатації СВЯП-1 враховувалось наступне [5]:

1) нормальна експлуатація – зведення до мінімуму радіоактивних викидів, притаманних цьому режиму, за допомогою забезпечення правильного функціонування систем та обладнання, попередження відмов і аварій;

2) порушення нормальної експлуатації внаслідок виникнення відмов та інцидентів – запобігання їх переростання в проектні аварії для чого необхідно дотримуватися відповідних інструкцій, контролювати важливі для безпеки параметри;

3) виникнення проектних аварій – запобігання їх переростання в заплановані, що забезпечується

виконанням інструкцій і процедур з управління і ліквідації аварій, контролем правильності функціонування системи безпеки;

4) виникнення запланованих аварій – зведення до мінімуму впливу радіації на персонал, населення і навколишнє середовище за допомогою введення в дію планів заходів щодо захисту персоналу та населення, дотримання інструкцій та інструкцій з управління запланованими аваріями.

В ході аналізу безпеки СВЯП-1 розглядається достатність закладених в проєкті заходів щодо попередження порушень режимів нормальної експлуатації, а також досліджуються потенційно можливі аварійні ситуації під час різних початкових подій.

*Радіаційні впливи на довкілля в умовах нормальної експлуатації.* Аналіз світового досвіду мокрого зберігання ВЯП показує, що в безаварійних умовах зберігання ВЯП в контейнерах або модулях за регулярного контролю їх герметичності і змін в ТВЕЛах є практично безпечною технологією [6]. Під час нормальної експлуатації СВЯП-1 можливий вихід ізотопів цезію за рахунок дефектів в оболонках ТВЕЛів. У цьому разі викид буде представлений в основному ізотопом  $^{137}\text{Cs}$  (>94%) і складе  $8,2 \cdot 10^8$  Бк/рік.

*Радіаційні впливи на довкілля в умовах проєктної максимальної аварії.* Під час моделювання максимальної проєктної аварії (МПА) було розглянуто падіння (в момент перевантаження) однієї відпрацьованої тепловиділяючої збірки (ВТВЗ) з розгерметизацією всіх ТВЕЛів у разі одночасної відмови системи спецентиліації.

Висота викиду радіонуклідів склала 40 м. Вихід активності під час аварії з однієї ВТВЗ (паливо РВПК-1000) був прийнятий наступний, Бк ( $\times 10^{10}$ ):  $^{103}\text{Ru}$  – 86,21;  $^{106}\text{Ru}$  – 13,32;  $^{134}\text{Cs}$  – 477,3;  $^{144}\text{Ce}$  – 186,11;  $^{140}\text{La}$  – 161,32;  $^{90}\text{Sr}$  – 7,4;  $^{137}\text{Cs}$  – 363,34;  $^{85}\text{Kr}$  – 189,07. За консервативним підходом (постійний напрямок вітру, природний розпад і міграція ра-

діонуклідів не враховуються) максимальне додаткове радіоактивне забруднення прилеглих територій ізотопами цезію за 30-річний період експлуатації СВЯП-1 не перевищить  $12 \text{ Бк/м}^2$  [7], що є нехтовно малою величиною.

Необхідно враховувати те, що підвищення концентрації радіонуклідів у повітрі буде короточасним і не призведе до небезпечних впливів на навколишнє середовище. На найближчому кордоні ЧЗВ (12 км в південно-західному напрямку) в залежності від метеорологічних умов поверхневе забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  складе від 10 до  $90 \text{ Бк/м}^2$ , що відповідає (30–50)% від сучасного фонового рівня забруднення ґрунтового покриву і не призведе до зміни статусу цих територій.

Таким чином, головним критерієм екологічного обґрунтування безпеки в процесі експлуатації СВЯП-1 є можливість забезпечення мінімального збитку в разі виникнення радіаційних аварій. Розрахунок радіаційних впливів на повітряне середовище у разі МПА показує, що об'ємна активність ізотопів цезію на найближчому кордоні ЧЗВ досягне величини (10–50) Бк/м<sup>3</sup>.

*Радіаційні впливи на довкілля під час проєктної аварії.* Під час моделювання проєктної аварії (ЗПА) був прийнятий сценарій падіння літака (заправка паливом 50%) безпосередньо на залізобетонні модулі повністю заповнені ВТВЗ з подальшим горінням авіаційного палива [8–10].

Згідно з рекомендаціями МАГАТЕ [11] для моделювання та розрахунків розсіювання радіонуклідів в атмосфері застосовувалася модель дифузії Пасквілла, що заснована на статистичному (гауссовому) розподілі домішок. Нижче наведено опис вихідних умов для моделювання та оцінки радіаційних впливів СВЯП на навколишнє середовище (консервативний підхід). Викид у повітря радіонуклідів під час проєктної аварії наведено у табл. 1 із зазначенням нуклідного складу.

Таблиця 1

Нуклідний склад і активність окремих нуклідів

Радіонуклід	Активність, Бк
$^{90}\text{Sr}$	$9,8 \cdot 10^{13}$
$^{90}\text{Y}$	$9,8 \cdot 10^{13}$
$^{106}\text{Ru}$	$2,1 \cdot 10^{12}$
$^{106}\text{Rh}$	$2,1 \cdot 10^{12}$
$^{134}\text{Cs}$	$5,0 \cdot 10^{12}$
$^{137}\text{Cs}$	$1,2 \cdot 10^{14}$
$^{144}\text{Ce}$	$1,3 \cdot 10^{12}$
$^{144}\text{Pr}$	$1,3 \cdot 10^{12}$
$^{147}\text{Pm}$	$3,0 \cdot 10^{13}$
$^{238}\text{Pu}$	$5,4 \cdot 10^{12}$
$^{239}\text{Pu}$	$4,5 \cdot 10^{11}$
$^{240}\text{Pu}$	$6,2 \cdot 10^{11}$
$^{241}\text{Am}$	$8,5 \cdot 10^{11}$

Блок-схема організації розрахунків характеристик забруднення довкілля під час аварійного

викиду радіонуклідів наведена на рис. 2.



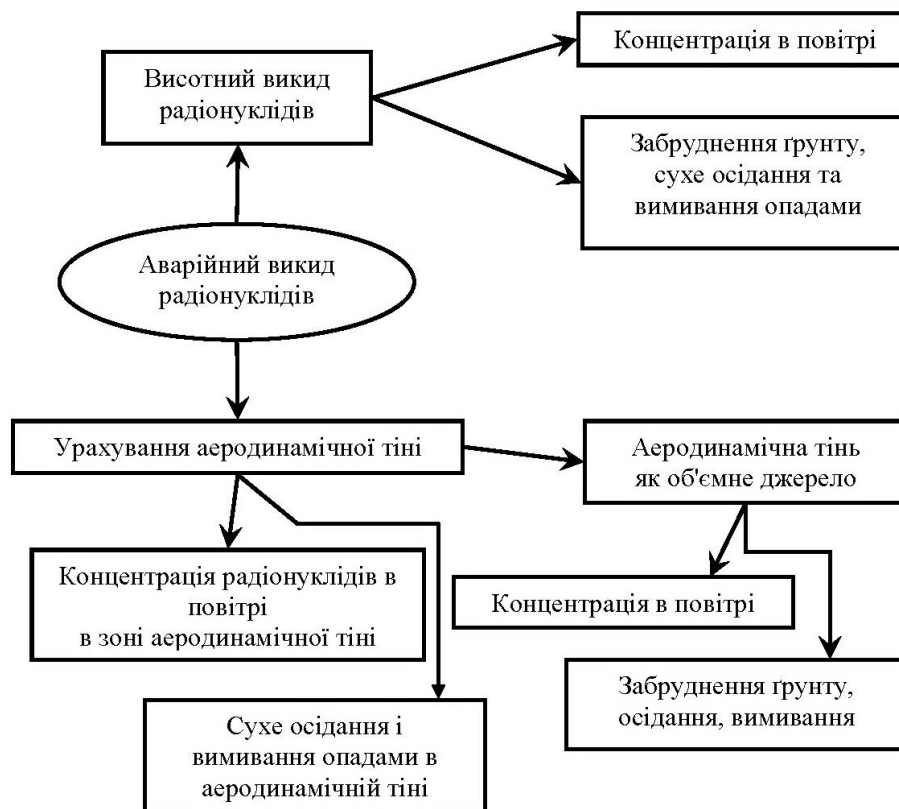


Рисунок 2 – Блок-схема організації розрахунків характеристик забруднення повітря і ґрунту під час аварійного викиду із СВЯП-1

Об'ємна активність радіонуклідів у повітрі для миттєвого викиду є функція часу:

$$C(t) = Q_0 G_0(t), \quad 1)$$

де  $Q_0$  – інтегральна величина миттєвого викиду, Бк;  $G_0(t)$  – фактор, що залежить від часу, метеорологічного розбавлення для миттєво викинутого об'єму домішки,  $m^{-3}$ . Фактор розбавлення  $G_0[m^{-3}]$  хмари викиду задається формулою:

$$G_0(x, y, z, t) = \frac{F(x)}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x(t) \sigma_y(t) \sigma_z(t)} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{(x-Vt)^2}{\sigma_x^2(t)} + \frac{y^2}{\sigma_y^2(t)} \right) \right] \times \left\{ \exp \left( -\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2(t)} \right) + \exp \left( -\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2(t)} \right) \right\}, \quad (2)$$

де  $x, y, z$  – координати точки у просторі;  $V$  – швидкість вітру, м/с;  $t$  – час, що минув після викиду, с;  $H$  – висота хмари викиду над землею на відстані  $x$ , м;  $F(x)$  – функція виснаження хмари;  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  – стандартні відхилення розподілу домі-

шки в хмарі димового викиду в напрямку відповідних координатних осей, м. Ці коефіцієнти характеризуються монотонно зростаючими функціями часу, їх вид і розмір залежать від погодних умов і визначаються за наступними формулами:

$$\sigma_i^2 = S^2 + 0,02(1 + 0,03k_f)HVt + ss_i^2(Vt)^2, \quad (3)$$

де  $k_f$  – коефіцієнт фонові турбулентності;  $ss_i$  – кутові дисперсії напрямку вітру, що залежать від стану стійкості атмосфери;  $H$  – висота центра хмари;  $V$  – розрахункова швидкість вітру.

Варто підкреслити, що у зазначених формулах

для дисперсії перша складова  $S^2$  характеризує дисперсію домішки в початковий момент часу, друга – відповідає за механізм розсіювання домішки дрібномасштабною турбулентністю, а третя – враховує внесок великомасштабних вихорів.

Для чинника розведення  $G_0$  [ $\text{м}^{-3}$ ] хмари викиду на рівні землі, вважаючи  $z=0$ , отримаємо формулу:

$$G_0(x, y, t) = \frac{2F(x)}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x(t) \sigma_y(t) \sigma_z(t)} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{(x-Vt)^2}{\sigma_x^2(t)} + \frac{y^2}{\sigma_y^2(t)} + \frac{H^2}{\sigma_z^2(t)} \right) \right]. \quad (4)$$

Для концентрації радіоактивного забруднення поверхневого прошарку повітря навколо об'ємного джерела викиду ( $\text{Бк}/\text{м}^3$ ) маємо:

$$Cv(x, y, t) = \frac{\text{Mat} \left( t - T_0 - \frac{x - At}{V} \right)}{\pi sy(x + x_0) sz(x + x_0) V} \exp \left[ \frac{-y^2}{2 sy(x + x_0)^2} \right]. \quad (5)$$

Для оцінки густини поверхневого забруднення землі внаслідок сухого осадження до моменту  $T$  нами отримана така формула:

$$E(x, y) = \frac{1}{\pi sy(x) sz(x) V} \exp \left( -\frac{y^2}{2 sy(x)^2} \right); \quad (6)$$

$$FT(T) = \int_0^T F(t) dt; \quad (7)$$

$$S1v(x, y, T) = Vg \int_0^T Q \int_0^T E(x + x_0, y) FT \left( T - T_0 - \frac{x - At}{V} \right). \quad (8)$$

Вважаючи  $z=H$ , отримаємо:

$$G_0(x, y, t) = \frac{F(x)}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x(t) \sigma_y(t) \sigma_z(t)} \times \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{(x-Vt)^2}{\sigma_x^2(t)} + \frac{y^2}{\sigma_y^2(t)} \right) \right] \left( 1 + \exp \left( -\frac{2H^2}{\sigma_z^2(t)} \right) \right). \quad (9)$$

Параметр стійкості атмосфери  $s$  [ $\text{с}^{-2}$ ] для різних категорій приймаємо як  $s=8,7 \cdot 10^{-4}$  – для категорії Д та  $s=1,75 \cdot 10^{-3}$  – для категорії Ф. Інтенсивність осідання домішки на поверхню  $C_s$  [ $\text{Бк}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ ] внаслідок сухого осідання дорівнює:

$$C'_s(x, y, t) = V_g C(x, y, t), \quad (10)$$

де  $C$  – приземна об'ємна активність в точці  $x, y$ ,  $\text{Бк}/\text{м}^3$ ;  $V_g$  – швидкість сухого осідання,  $\text{м}/\text{с}$ . Для практичних розрахунків розсіювання викидів можна приймати  $V_g=2$   $\text{см}/\text{с}$  для газоподібного йоду,  $0,8$   $\text{см}/\text{с}$  для інших нуклідів та для інертних радіоактивних газів  $V_g=0$ . Густина поверхневого забруд-

нення одержимо інтегруванням за часом загальної інтенсивності осідання домішок на поверхню землі:

$$S(x, y) = \int_0^{\infty} C'_s(x, y, t) dt. \quad (11)$$

Обчислення  $S(x, y)$  можна організувати більш раціонально, якщо визначити верхню і нижню межі інтегрування по  $t$ , враховуючи, що хмара впливає на точку  $(x, y)$  тільки у період, коли вона проходить поблизу від цієї точки (рис. 3):

$$S(x, y) = \int_{g1(x)}^{g2(x)} C'_s(x, y, t) dt; \quad (12)$$

$$g1(x) = \frac{1}{V} (x - 3\sigma_x(x)); \quad (13)$$

$$g2(x) = \frac{1}{V} (x + 3\sigma_x(x + 3\sigma_x(x))). \quad (14)$$

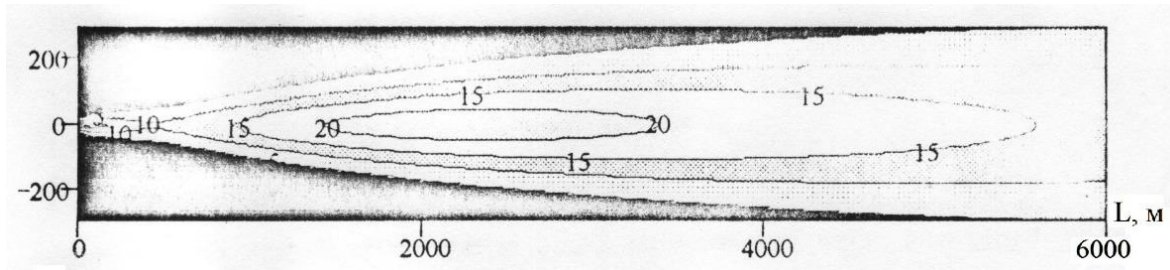


Рисунок 3 – Лінії рівнів густини поверхневого забруднення (Бк/км<sup>2</sup>)

Аналіз радіаційного впливу у разі ЗПА показав (рис. 3), що максимальне додаткове поверхневе забруднення ґрунтового покриття <sup>137</sup>Cs досягне величини 500 кБк/м<sup>2</sup> і буде спостерігатися вже на відстані ~3000 м від об'єкта, тобто в разі розміщення СВЯП-1 не на території ЧЗВ, а в іншому районі України, такий розвиток подій призвів би

до радіоактивного забруднення призначених для забудови територій і значного матеріального і морального збитку. Дози було розраховано для різних категорій стабільності атмосфери за Паскуїлло-Гіффордом та середніх швидкостей вітру (1,2–1,6 м/с), що характерні для даних категорій (табл. 2).

Таблиця 2

**Прогнозована доза (мЗв) за перші 10 днів після аварії**

Відстань, км	Категорія стійкості за Паскуїлло-Гіффордом					
	A	B	C	D	E	F
1,0	13,70	17,20	27,10	34,1	42,70	58,4
3,0	5,6	6,8	9,4	10,4	33,6	42,9

Аналіз радіаційного впливу на поверхневі води показав, що у разі такого розвитку подій на території затопленої заплави р. Прип'ять осяде близько  $7,5 \cdot 10^9$  Бк ізотопів цезію, що значно менше величини її сумарного виносу з річним стоком –  $10^{13}$  Бк.

Специфіка виробничих умов на підприємствах, розташованих на території ЧЗВ, сприяє формальному «пом'якшенню» радіаційних впливів на їх персонал у разі виникнення МПА і ЗПА (табл. 3).

Таблиця 3

**Додаткові дозові навантаження на персонал сусідніх об'єктів під час нормальної експлуатації і можливих аварій у СВЯП-1**

Об'єкт	Контрольні рівні на підприємствах ЧЗВ [12], мЗв/рік	Існуючі дозові навантаження [13], мЗв/рік	Додаткові дозові навантаження в нормальних умовах, мЗв/рік	МПА, мЗв/рік	ЗПА, мЗв/рік
СВЯП-1	17	3,01	$7 \cdot 10^{-5}$	4,7	49,3
Головні корпуси ЧАЕС	17	3,01	$7 \cdot 10^{-5}$	2,9	25,8
Комплекс «Вектор»	18	0,14	$5 \cdot 10^{-3}$	1,3	12,3
ПЗРВ «Буряківка»	18	1,64	$2 \cdot 10^{-3}$	0,8	7,5
ЗПЖРВ, ПКОТРВ	17	3,01	$7 \cdot 10^{-5}$	0,3	4,3
Підприємства м. Чорнобилі	2,3–15	0,1–3,9	$3 \cdot 10^{-5}$	0,02	1,2

Величина індивідуальної ефективної еквівалентної дози внаслідок МПА на кордоні 10-кілометрової зони ЧАЕС (на відстані 2 км від СВЯП-1) в залежності від метеорологічних умов

складе від 1,3 до 4,7 мЗв, а для ЗПА – від 12,3 до 49,3 мЗв. У цьому разі на найближчому кордоні ЧЗВ (на відстані 12 км від СВЯП-1) індивідуальні ефективні еквівалентні дози для МПА будуть ва-

ріювати в інтервалі від 0,02 до 0,8 мЗв, а для ЗПА – від 1,2 до 7,5 мЗв [14]. Дані про ймовірність пе-

ревищення річного ліміту дози внаслідок МПА і ЗПА для населення наведено в табл. 4.

Таблиця 4

**Додаткові дозові навантаження на населення в разі можливої аварії з максимальними наслідками**

Відстань від СВЯП-1, км	Межа дози опромінення населення [13], мЗв/рік	Додаткові дозові навантаження на населення під час нормальної експлуатації, мЗв/рік	МПА, мЗв/рік	ЗПА, мЗв/рік
30	1,0	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-3}$	1,6
40	1,0	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-3}$	0,9
70	1,0	$4,0 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-3}$	0,07

**Висновки і пропозиції.** Отже, з даних наведених в табл. 2–4 видно, що тривала безаварійна нормальна експлуатація СВЯП-1 практично не чинила радіаційних впливів на навколишнє середовище. Однак, у випадку можливої запроектої радіаційної аварії тяжкість екологічних наслідків буде значна для довкілля і необхідно застосовувати превентивні заходи захисту.

Також необхідно здійснювати регулярне вдосконалення системи попередження надзвичайних ситуацій на СВЯП-1 і системи реагування на радіаційні аварії.

Враховуючи актуальність даного питання в перспективі подальших досліджень доцільно провести оцінку теплофізичної безпеки БВ СВЯП-1.

#### Список літератури

1. Катастрофа на АЕС «Фукусіма». URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/fukushima/index.html>.

2. Коцуба О.Л., Воробйов Ю.Ю., Жабін О.І., Гуменюк Д.В. Аналіз важких аварій в басейні витримки відпрацьованого ядерного палива АЕС «Фукусіма-Даїчі». *Ядерна та радіаційна безпека*. 2016. № 4(72). С. 13–20.

3. Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Середа Ю.П. Порівняльний аналіз радіоекологічних наслідків аварій на ЧАЕС та «Фукусіма-1». *Радіоекологія-2017*: зб. ст. наук.-практ. конф. із міжнар. уч., (Київ, 24–26 квітня 2017 р.). Житомир: Вид-во ЕЦ «Укрекобіокон», 2017. С. 29–33.

4. 50-SG-D10 «Системы обращения с топливом и хранения его на атомных электростанциях», МАГАТЭ.

5. Эксплуатация установок хранения обрабо-

танного топлива. Серия изданий МАГАТЭ по безопасности. № 117. МАГАТЭ, Вена, 1994.

6. Оценка безопасности установок хранения отработанного топлива. Серия изданий МАГАТЭ по безопасности. № 118. МАГАТЭ, Вена, 1994.

7. Халатов С. Промежуточное хранение облученных топливных элементов. *Атомная техника за рубежом*. 2004. № 2. С. 17–21.

8. Азаров С.І., Евланов В.М. Сучасні підходи до оцінювання ризику ураження АЕС повітряним терактом. *Моделювання та інформаційні технології*. 2016. Вип. 76. С. 3–9.

9. Сорокин Г.А., Азаров С.И. Анализ уязвимости инфраструктуры ЧАЭС к воздушным терактам. *VI конф. Міжнародного Чорнобильського центру*: тези доп. Славутич, 2003. С. 286–287.

10. Азаров С.І., Сорокін Г.А. Вразливість АЕС по відношенню до повітряних терактів. *Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля*. 2009. Вип. 12. С. 15–23.

11. Atmospheric Dispersion in Nuclear Power Plant Siting. Safety series No. 50-SG-S3. Vienna: IAEA, 1980. 94 p.

12. ДГН 6.6.1.-6.5.001-98. Державні гігієнічні нормативи. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Київ, 1998. 135 с.

13. ГН 6.6.1.076-01. Основні контрольні рівні, рівні звільнення та рівні дії щодо радіоактивного забруднення об'єктів зони відчуження. Київ, 2001.

14. Справка о состоянии радиационной безопасности в ЗОиЗБ(О)В в 2002 г. Чернобыль: ГД АЗО, 2003. 50 с.

**ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ****Gahramanova Sh.I.***PhD in Chemistry, Researcher,**Institute of Catalysis and Inorganic chemistry named after academician M.F.Nagiyev, ANAS***Jalaladdinov F.F.***leading researcher, associate professor**Institute of Catalysis and Inorganic chemistry named after academician**M.F.Nagiyev, ANAS***Azizov I.V.***Doctor of Biological Sciences**Institute of Molecular Biology and Bio technologies of, ANAS***Khudaverdiyev R.A.***leading researcher, associate professor,**Institute of Catalysis and Inorganic chemistry named after academician**M.F.Nagiyev, ANAS***Mammedova Z.M.***Researcher,**Institute of Catalysis and Inorganic chemistry named after academician M.F.Nagiyev, ANAS***Pashayeva F.K.***Researcher,**Institute of Catalysis and Inorganic chemistry named after academician**M.F.Nagiyev, ANAS***Gahramanov T.O.***Associate professor, "Physical and Colloid" chemistry department**Baku State University***Hajiyev A. Sh.***Researcher,**Institute of Catalysis and Inorganic chemistry named after academician**M.F.Nagiyev, ANAS***Кахраманова Ш.И.***Кандидат химических наук, научный сотрудник,**Институт Катализа и Неорганической химии им. акад. М. Нагиева НАНА.***Джалалаудинов Ф. Ф.***Кандидат химических наук, доцент**Институт Катализа и Неорганической химии им. акад. М. Нагиева НАНА.***Азизов И.В.***Доктор биологических наук**Институт молекулярной биологии и биотехнологий НАНА.***Худавердиев Р. А.***Кандидат химических наук, доцент**Институт Катализа и Неорганической химии им. акад. М. Нагиева НАНА.***Мамедова З.М.***научный сотрудник,**Институт Катализа и Неорганической химии им. акад. М. Нагиева НАНА.***Пацаева Ф.К.***научный сотрудник,**Институт Катализа и Неорганической химии им. акад. М. Нагиева НАНА.***Гахраманов Т. О.***Докторант, Доцент кафедры «Физической и коллоидной» химии**Бакинский Государственный Университет***Гаджиев А. Ш.***научный сотрудник,**Институт Катализа и Неорганической химии им. акад. М. Нагиева НАНА.***SYNTHESIS OF COMPLEX COMPOUNDS OF DIVALENT COPPER WITH HISTIDINE AND ARGININE LIGANDS, INVESTIGATION OF THEIR PROPERTIES AND INFLUENCE ON PHYSIOLOGICAL PROCESSES OF WHEAT SPROUTS**

**Summary:** New complex copper compounds with ligands (histidine and arginine) with the composition  $[\text{CuCl}_2\text{L}(\text{H}_2\text{O})] \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $[\text{CuCl}_2\text{L}_2]$ ,  $[\text{CuCl}_2\text{L}(\text{H}_2\text{O})] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  were synthesized. It is shown that the composition of the

complexes obtained depends on the ratio of the initial components. The composition and structure of the complexes were studied by chemical analysis, IR spectroscopy, and thermogravimetry.

**Key words:** *histidine, arginine, copper oxide, amine groups, complex compounds*

**Аннотация:** Синтезированы новые комплексные соединения меди с лигандами (гистидин и аргинин) с составом  $[\text{CuCl}_2\text{L}(\text{H}_2\text{O})] \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $[\text{CuCl}_2\text{L}_2]$ ,  $[\text{CuCl}_2\text{L}(\text{H}_2\text{O})] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Показано, что состав полученных комплексов зависит от соотношения исходных компонентов. Состав и структура комплексов изучались химическим анализом, ИК-спектроскопией и термогравиметрией.

**Ключевые слова:** *гистидин, аргинин, оксид меди, аминогруппы, комплексные соединения*

### INTRODUCTION

The chemistry of complex compounds of transition metals with multidentate ligands, which simultaneously contains several donor atoms, is not only theoretical but also of practical interest, since in addition to the unusual properties of such complexes, the structure and types of binding of multidentate ligands with different metals give a new impetus to the development coordination chemistry as a whole. Among the coordination compounds, the complexes obtained on the basis of biomaterials take a special place. This is due to the fact that they play an important role in many biochemical processes and therefore are widely used in plant growing, animal husbandry, and pharmacology. In turn, the study of the properties and structure of coordination compounds of metal ions with organic ligands containing various donor centers was an important factor in the development of new approaches to their physico-chemical research. [1-3]

On the other hand, complex compounds of many transition elements, including copper, can possess a wide range of useful properties, for which the chemistry of complex compounds has not yet been sufficiently studied [4-6].

In this paper, we present methods of synthesis and study of the properties of copper (II) complexes with ligands (histidine and arginine)

### Physical measurements

The composition and chemical structure of the synthesis products obtained are studied by physical-chemical analysis methods: elemental analysis (ICP-MS); X-ray phase analysis (diffractometer (Germany) D-2 Phaser firm Bruker); IR spectroscopy ("Specord M-80" brand Carl Zeiss). The spectra of the reaction solutions in the IR and UV regions were recorded on the Nicolet IS10 spectrometer and the Evolution 60S spectrophotometer, manufactured by Thermo Scientific Spectronic (USA). Differential thermogravimetric analysis was performed on a derivative (NETZSCH STA 449F3 STA449FSA-0622-M).

Wheat seeds have been soaked in the solution of the complex within 24 hours. Control seed were soaked with water. Control and experimental seeds germinated on filter paper in Petri dishes at 20 ° C

incubation conditions. Germination rate and energy of germination were determined. The content of chlorophyll and the activity of the photosystems were determined according to the works (1,2).

### EXPERIMENTAL PART

#### Synthesis $-\text{[CuCl}_2\text{L}_2]$

A sample of 0.85 g (0.005 mole)- $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  was dissolved in a two-necked flask under reflux in 30 ml of ethyl alcohol at a temperature of 60 ° C, and 1.55 g (0.01 mole) of ligand L-histidine - (in a molar ratio of 1: 2) previously dissolved in 20 ml of ethyl alcohol. The resulting mixture was heated for 2 hours, then cooled to room temperature, filtered and put on crystallization. The beige-colored crystals were filtered, washed several times with the mother liquor, then 10-15 ml with acetone and dried in a desiccator over sulfuric acid until a constant weight was established.

#### Synthesis $-\text{[CuCl}_2\text{L}_2]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$

To a beige color solution obtained by dissolving 0.85 g (0.005 mole)  $-\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  in 20 ml of ethyl alcohol, 1.55 g (0.01 mole) of ligand L-histidine dissolved in 30 ml of ethyl alcohol (in a molar ratio 1: 2). The solution was heated for 2-2.5 hours at a temperature of 60 ° C. Further, the synthesis process was carried out according to the above described procedure.

#### Synthesis $-\text{[CuCl}_2\text{L}(\text{H}_2\text{O})] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

According to the above procedures, 1.74 g (0.01 mol) of ligand L- arginine (molar ratio 1: 1), previously dissolved in 20 ml of ethyl alcohol, was added to 1.71 g (0.01 mole)  $-\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dissolved in 30 ml of ethyl alcohol, alcohol. The resulting mixture was heated for 2 hours, then cooled to room temperature, filtered, washed several times with the mother liquor, then 10-15 ml with acetone and dried in a desiccator over sulfuric acid until a constant weight was established.

### Elemental analysis

The elemental analysis results for the synthesized complexes confirm the 1:1 , 1:2 ratio metal-ligand. The elemental analysis data of the metal-ligand complexes are pointed up in Table 1.

Table 1.

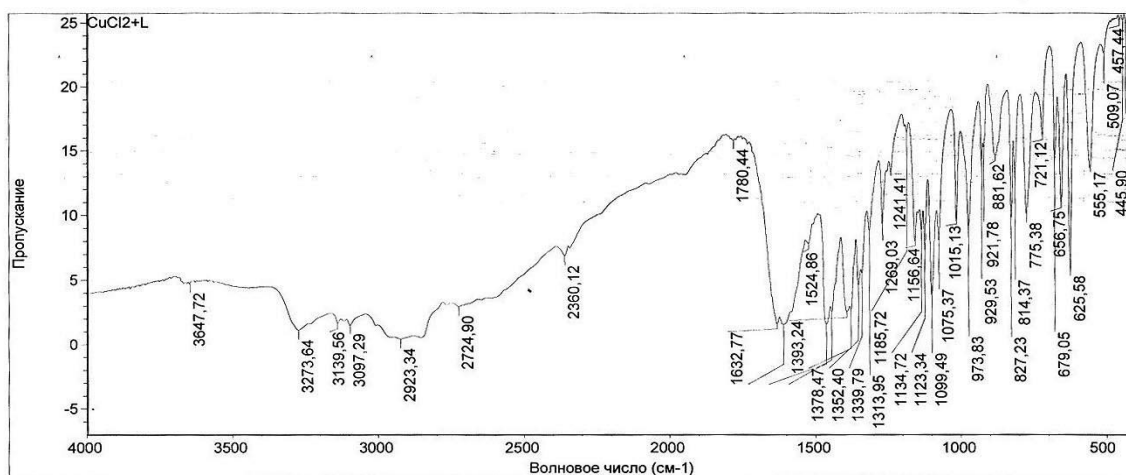
Elemental analysis results the complexes

Symbolic formula	Molecular weight	%Cl		%H		%N		%Metal	
		Calc.	Meas.	Calc.	Meas.	Calc.	Meas.	Calc.	Meas.
[CuCl <sub>2</sub> L <sub>2</sub> ]	445	15.95	15.01	4.04	3.12	9.44	9.21	14.37	14.18
[CuCl <sub>2</sub> L <sub>2</sub> ] <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O	571	12.43	12.21	3.85	3.21	7.36	7.11	11.21	11.01
[CuCl <sub>2</sub> L(H <sub>2</sub> O)] <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O 3H <sub>2</sub> O	381	18.63	18.16	5.71	5.01	14.69	14.17	16.79	16.29

### RESULTS and CONCLUSION

To determine the coordination character of the synthesized complex compounds formed between the ligand and the coupler, IR spectroscopic analysis was carried out. In the primary amine, the absorption spec-

tra of the covalent vibrations of the NH bond as a function of the spectra of co-ordination absorption oscillations  $\nu_{\text{NH}} = 3273.64 \text{ cm}^{-1}$ ,  $3139.56 \text{ cm}^{-1}$  shift to the lower area and the intensity is weakened, and  $\nu_{\text{OH}} = 3447.72 \text{ cm}^{-1}$  refers to the residues of the solvent, alcohol



Ср Апрель 19 15:28:21 2017 (GMT+05:00)

ПОИСК ПИКОВ:

Спектр: CuCl<sub>2</sub>L  
 Область: 4000,00 400,00  
 Порог: 25,641  
 Чувствительность: 80  
 Таблица пиков:

Положение:	423,84	Интенсивность:	24,712
Положение:	435,06	Интенсивность:	24,980
Положение:	445,90	Интенсивность:	25,221
Положение:	457,44	Интенсивность:	25,150
Положение:	509,07	Интенсивность:	22,655
Положение:	555,17	Интенсивность:	13,596

Fig.1. IR spectra of complex [CuCl<sub>2</sub>L<sub>2</sub>]<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O ; L-arginin

When the IR spectra of the free ligand are aligned with the spectra of the complexes obtained, an obvious change is observed. The absorption bands due to the valence vibrations of the OH bond to the carboxyl group of the arginin  $3300\text{-}3500 \text{ cm}^{-1}$  in the mollusk disappear, and instead of the absorption bands  $\nu_{\text{COO}} = 1632.77 \text{ cm}^{-1}$ ;  $1352 \text{ cm}^{-1}$  relating to the carboxylate ion.

To determine the composition and thermal stability of the synthesized two complexes [CuCl<sub>2</sub>L(H<sub>2</sub>O)]H<sub>2</sub>O, [CuCl<sub>2</sub>L<sub>2</sub>]<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O and [CuCl<sub>2</sub>L<sub>2</sub>] a thermal analysis was carried out and were determined. Complexes are stable up to a temperature of  $170^\circ\text{C}$ . The thermal

decomposition of [CuCl<sub>2</sub>L<sub>2</sub>]<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O begins at a temperature of  $170^\circ\text{C}$ , with a mass loss of 2.65%, in the second stage, a decrease in mass corresponds to (3.91%), and this refers to 1 mole of water. In the third stage, mass loss is 14.93% and this corresponds to 1 mole of ligand. At a high temperature, the destruction of complexes begins, which passes through several stages and in all cases of thermal processes the final product is CuO.

A solution of the complex [CuCl<sub>2</sub>L<sub>2</sub>] in a concentration of 0.01 m and ultraviolet absorption spectrum.

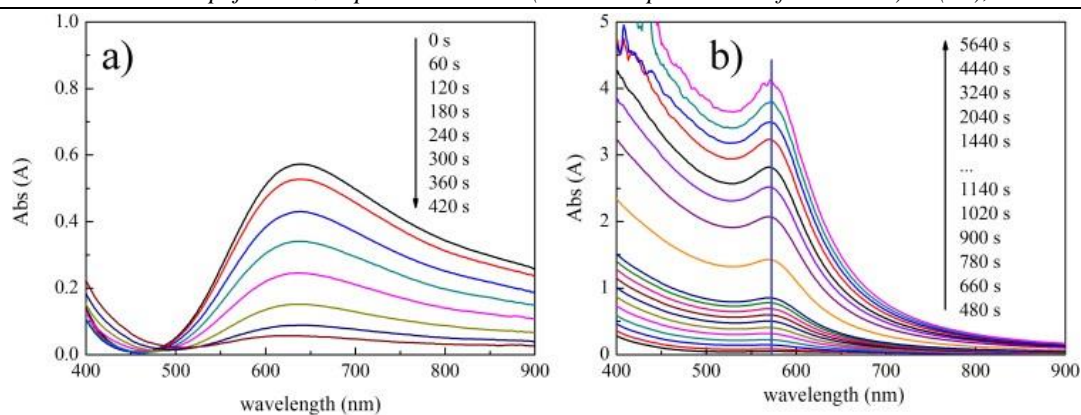


Fig. 2 a) the decrease of absorption of the wavelength range from 500 nm to 900 nm; b) the increase of absorption of the wavelength range from 400 nm to 900 nm.

Thermocouple analysis was carried out to determine the composition and thermal stability of the complexes under study. Despite the fact that the derivatograms of the complexes are identical, they differ substantially in the nature of the thermal decomposition. Results of thermogravimetric and X-ray phase studies have shown that the thermal decomposition of complexes occurs in three stages and in all cases the

third stage of thermolysis is accompanied by oxidation of copper oxide.

#### **Biological activity of complexes**

The germination of seeds treated with copper chloride complex with amino acids identified in seven-day seedlings, content of chlorophyll and the activity of the photosystems were determined in two weeks seedlings (Table 2).

**Table 2.**

Effect of Complexes  $\text{CuCl}_2$ -histidine and  $\text{CuCl}_2$ -arginine on seed germination, chlorophyll content and activity of photosystems (PSI, PSII) in wheat leaves

Variants	Germination, %	Chlorophyll a+b (mg/g leaf)	Chlorophyll a/b	Activity of PS II mkmol $\text{O}_2$ / mg chl. hour	Activity of PS I mkmol $\text{O}_2$ / mg chl. hour
Control	85	6.75±0.2	2,5	72±2	125±4
$\text{CuCl}_2$ -histidine	96	8,95±0.2	2,8	90±3	150±6
$\text{CuCl}_2$ -arginine	92	7.25±0.3	2,6	85±2	135±3

As it is seen from the Table 1, the seeds treated with  $\text{CuCl}_2$ -histidine and  $\text{CuCl}_2$ -arginine have high germination rate and high activity of photosystems. These complexes also had a positive effect on the chlorophyll content, as well as the ratio of Chlorophyll a / Chlorophyll b.

The stimulating effect of low concentrations of copper chloride and manganese sulfate solution on germination energy, germination and seedling growth was noted by several authors (1-2). In these investigations has been indicated that low concentrations of copper chloride and manganese sulfate has a positive effect on the synthesis of chlorophyll and carotenoids, increased functional activity of chloroplasts.

Thus, the histidine and arginine complexes with copper chloride accelerated the germination of wheat seeds and increased the chlorophyll content in leaves, and also increased the activity of photosystems of chloroplasts.

#### **References**

1. Gahramanova Sh.I., Kulyeva.E.A., Azizov. I.V. Influence of newly synthesized zinc complexes with amino acids on the morphophysiological characteristics of wheat seedlings. // Academic Journal

of West Sibiuryi. 2014. № 5. T.10. P. 94-95. [In Russian].

2. Gahramanova Sh. I., Guliyeva.E.A., Suleymanov G.Z., Azizov.I.V. Influence Newly Synthesized Manganese Complexes with Amino Acids on Morphophysiological Characteristics Wheat Germ. American International Journal of Contemporary Research 2014. V.4. №12. P.58-60.

3. Mahmudov K. T., Sutradhar M., Martins L., Silva F. C., Ribera A., Nunes V. M., Marchetti F., Pombeiro A. L., Gahramanova Sh.I. Mn II and Cu II complexes with arylhydrazones of active methylene compounds as effective heterogeneous catalysts for solvent and additive-free microwave-assisted peroxidative oxidation of alcohols. // RSC Advances An international journal to further the chemical sciences. The Royal Society of Chemistry. 2015.V. 5. P. 25979–25987.

4. Gahramanova Sh. I., Kulyeva EA, Suleimanov GZ, Kerimova UA, Askerova T. Ya. Interaction of manganese (II) with valine and  $\beta$ -alanine // International Youth Scientific and Practical Conference of Students, graduate students and young "Fundamental and applied research in the field of chemis-



try and ecology", 2015.(Kursk 23- 26.). P. 29-31. [In Russian].

5. Babayeva V.I, Kerimov U.A, Osmanov N.S. Synthesis and study of rhenium (IV) complexes with some amino acids. // Journal. Chemistry and chemical technology. 2011.V.54 №1, P.33-36. [In Russian].

6. Molodkin AK, Esina N.Ya., Gnatik E.N. Complex compounds of Pt (IV) with cytosine and threonine. Inorg. chemistry.1998.V.43.№7.P.1160-1166. [In Russian].

УДК 547.541.521

*Масуд Абдо-Аллах, Шупидченко М.В., Исак А.Д., Попов Е.В.*

*Институт химических технологий Восточно-Украинского национального университета им. В. Даля (г. Рубежное)*

*Abdo-Allah M., Shypidchenko M., Isak A., Popov Ye.*

*Institute of Chemical Technologies of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University (Rubizhne).*

## СИНТЕЗ N-АРИЛ-6-МЕТИЛУРАЦИЛ-5-СУЛЬФОНАИДОВ И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

### SYNTHESIS OF N-ARIL-6-METHYLURACYL-5-SUBFONAIIDS AND THEIR BIOLOGICAL ACTIVITY

Проведено исследование реакции взаимодействия ароматических первичных аминов с 6-метилурацил-5-сульфохлоридом (МУСХ). Показано, что удобнее всего проводить взаимодействие 6-метилурацил-5-сульфохлорида с первичными ароматическими аминами в среде инертного органического растворителя. В качестве растворителей предложено использовать использовать четыреххлористый углерод, хлороформ, хлористый метилен, дихлорэтан,, уксусную кислоту в присутствии ацетата натрия, пиридин и другие. Предварительные исследования (использование программы PASS) показали, что среди полученных соединений имеются такие, которые проявляют антиоксидантные свойства и могут быть использованы в качестве цитостатиков.

**Ключевые слова:** 6-метилурацил, 6-метилурацил-6-сульфохлорид, N-арилсульфонамиды, механизм реакции, биологически активные вещества

The interaction of aromatic primary amines with 6-methyluracil-5-sulfochloride (MUSH) was studied. It is shown that it is most convenient to conduct the reaction of 6-methyluracil-5-sulfochloride with primary aromatic amines in an inert organic solvent. As solvents, it was suggested to use carbon tetrachloride, chloroform, methylene chloride, dichloroethane, acetic acid in the presence of sodium acetate, pyridine and others. Preliminary studies (using the PASS program) showed that among the compounds obtained there are those that exhibit antioxidant properties and can be used as cytostatics.

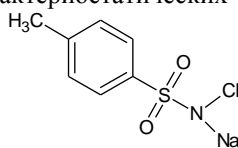
**Key words:** 6-methyluracil, 6-methyluracil-6-sulfochloride, N-arylsulfonamides, reaction mechanism, biologically active substances.

Сульфамидные препараты обладают химиотерапевтической активностью при инфекциях, вызванных грамположительными и грамотрицательными бактериями, некоторыми простейшими (возбудители малярии и токсоплазмоза), хламидиями при трахоме, паратрахоме) [1, 2]. Сульфамидные препараты обладают широким спектром антимикробного действия. Они оказывают бактериостатический эффект в отношении стрептококков, стафилококков, менингококков, гонококков, кишечной палочки, палочек дизентерии, брюшного тифа, холерного вибриона и др. [3].

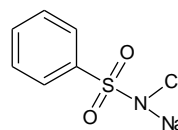
После того как сульфамид получил признание, начиная с 1930-х годов химики синтезировали тысячи родственных ему веществ, исследовали их эффективность в качестве бактериостатических

агентов, т.е. веществ, способных прекращать распространение инфекций. Но медицинское применение нашли лишь 20 из них. Было установлено, что многие из этих соединений обладают данными свойствами и в настоящее время сульфамидные препараты прочно вошли в медицинскую практику. Обнаружено, что сульфацилпиримидин является лечебным средством при пневмонии, вызываемой микроорганизмами пневмококками, а также при других пневмококковых заболеваниях и гонорее.

Среди амидов сульфоновых кислот найдены вещества с различной физиологической. Широкое применение для дезинфекции находят хлорамины **Т** и **Б** формулы



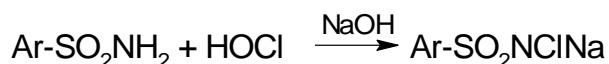
Хлорамин Т



Хлорамин Б

Их сильное бактерицидное действие основано на способности выделять активный хлор. Эти

вещества получают хлорированием соответствующих аминов в водно-щелочной среде [4]:



Многие алифатические и ароматические сульфонамиды обладают гербицидным действием, но широкого применения как гербициды они пока не нашли [5, 6-11].

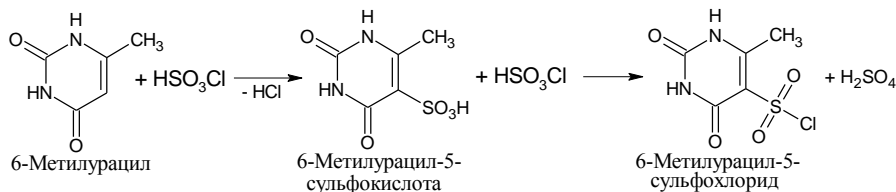
В 1934 г. немецкий химик и биохимик Gerhard Johannes Paul Domagk (1895-1964), показал химиотерапевтические свойства одного из первых сульфамидов – *пронтозила* – при лечении стрептококковых инфекций. Было отмечено действие этого препарата и при пневмококковых, гонококковых, кишечной палочки, палочки дизентерии, брюшного тифа и некоторых других инфекций. В этом же году пронтозил был синтезирован Магидсоном М.В. и Рубцов О.Ю. под названием красного стрептоцида. Вскоре было установлено, что лечебное действие пронтозила не всей молекулой, а только отщепляемой от неё метаболита – амид сульфаниловой кислоты (сульфаниламид), который применяется самостоятельно и синтезированного в СССР под названием белого стрептоцида.

Недостатком существующих сульфонамидов является то, что преимущественное большинство

из них являются производными анилинсульфонокислоты, при метаболизме таких препаратов в организме может попадать анилин, который является сильным ядом для живых организмов. Поэтому имеет смысл поиска препаратов с такой же лечебной эффективностью, но менее токсичных по отношению к живым организмам.

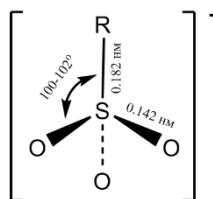
Нами разработан легкодоступный способ получения 6-метилурацил-5-сульфохлаора (МУСХ) с высоким выходом [12]. Для увеличения выхода МУСХ и повышения его качества оказалось, что лучше всего реакцию взаимодействия хлорсульфоновой кислоты с метилурацилом лучше всего проводить в инертном органическом растворителе. Таким растворителем оказался 1,2-дихлорэтан.

Обычно и ароматические и гетероциклические соединения при взаимодействии с хлорсульфоновой кислотой реагируют двухступенчато. На первой стадии происходит электрофильное сульфирование с образованием сульфокислоты. На второй стадии образовавшаяся метилурацилсульфокислота реагирует с избытком хлорсульфоновой кислоты, превращается в сульфохлорид.



низшие сульфокислоты — обычно кристаллические гигроскопичные вещества, хорошо растворимые в воде. Являются сильными кислотами,

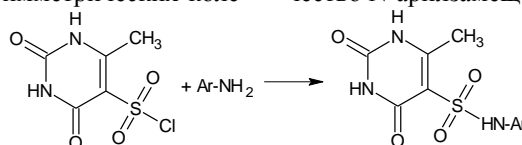
хорошо растворимыми в воде, как и их соли. Самой сильной сульфокислотой является трифторметансульфокислота CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>H



Сульфогруппа -SO<sub>3</sub>H имеет тетраэдрическую конфигурацию, длины связей кислород-сера сульфонат-анионов RSO<sub>3</sub><sup>-</sup> одинаковы и составляют 0,142 нм, углы O—S—O ~108-110°. В ИК-спектрах сульфокислот присутствуют характеристические полосы асимметрических и симметрических коле-

баний при 1340—1350 и 1150—1160 см<sup>-1</sup> соответственно, в спектрах ЯМР химический сдвиг протона сульфогруппы составляет 11-12 м.д.

На основе МУСХ и первичных ароматических аминов Ar-NH<sub>2</sub> синтезировано значительное количество N-арилзамещённых:

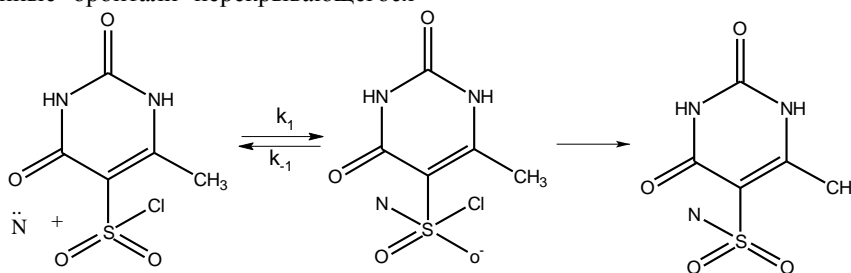


1 – 13

где Ar = C<sub>6</sub>H<sub>5</sub> (1); *o*-O<sub>2</sub>N-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (2); *m*-O<sub>2</sub>N-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (3); *n*-O<sub>2</sub>N-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (4); *n*-Br-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (5); *n*-NaO<sub>3</sub>S-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (6); *o*-CH<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (7); *m*-CH<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (8); *n*-CH<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (9); *o*-CH<sub>3</sub>O-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (10); *m*-CH<sub>3</sub>O-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (11); *n*-CH<sub>3</sub>O-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (12); *n*-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub> (13)

Вероятным механизмом замещения в этом случае является синхронное бимолекулярное замещение типа  $S_N2$ . Исходное состояние сульфохлорида отвечает искаженному тетраэдру с укороченной S–O-связью за счет  $\pi$ -связывания  $p\pi$ -электронов кислорода вакантной  $d\pi$ -орбиталью серы. Заполненные орбитали перекрывающегося

нуклеофила могут перекрываться с вакантной  $d\pi$ -орбиталью серы. Наиболее вероятной моделью переходного состояния будет являться геометрия тригональной бипирамиды с входящей и уходящей группами. Большинство экспериментальных данных отвечают механизму типа  $S_N2$  [13, 14].

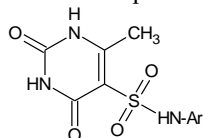


Нуклеофил присоединяется к атому серы и образует пентакоординированный интермедиат, из которого далее элиминируется уходящая группа. В принципе такой присоединения возможен у атомов элементов, содержащих вакантные  $d$ -орбитали

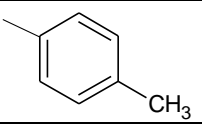
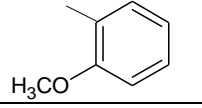
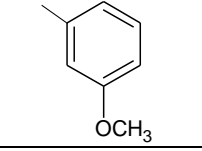
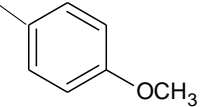
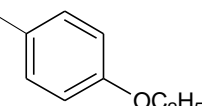
(фосфор, кремний, сера), которые могут повышать свое координационное число до пяти. Однако количество таких соединений у серы ограничено [15].

Таблица 1.

Физико-химические свойства и элементный анализ N-арил-6- метилурацил-5-сульфонамидов:



№ п/п	Радикал Ar	Т.пл. °C	Выход, %	Анализ $\frac{\text{Вычисленный}}{\text{Найденный}}$ %				Брутто-формула
				C	H	N	S	
1		239-240	88,5	46,81	3,94	14,94	11,40	C <sub>11</sub> H <sub>11</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub> S
				46,74	4,02	14,88	11,51	
2		281-282	74,2	40,49	3,09	17,17	9,83	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub> S
				40,58	3,01	17,11	9,89	
3		253-254	69,8	40,49	3,09	17,17	9,83	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub> S
				40,54	3,16	17,11	9,96	
4		268-269	85,1	40,49	3,09	17,17	9,83	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> N <sub>4</sub> O <sub>6</sub> S
				40,39	3,02	17,25	9,99	
5		331-332	77,3	36,08	2,75	11,47	8,76	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> BrN <sub>3</sub> O <sub>4</sub> S
				36,01	2,81	11,37	8,86	
6		-	83,7	34,47	2,68	10,96	16,73	C <sub>11</sub> H <sub>10</sub> N <sub>3</sub> O <sub>7</sub> S <sub>2</sub> Na
				34,51	2,62	10,89	16,93	
7		221-222	74,3	48,81	4,43	14,23	10,86	C <sub>12</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub> S
				48,9	4,39	14,31	10,98	
8		200-201	78,5	48,81	4,43	14,23	10,86	C <sub>12</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub> S
				48,88	4,47	14,18	10,74	

9		256-257	93,4	48,81	4,43	14,23	10,86	C <sub>12</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub> O <sub>4</sub> S
				48,75	4,45	14,16	10,93	
10		215-216	88,3	46,30	4,21	13,50	10,30	C <sub>12</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub> O <sub>5</sub> S
				46,38	4,18	13,42	10,43	
11		266-267	91,7	46,30	4,21	13,50	10,30	C <sub>12</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub> O <sub>5</sub> S
				46,24	4,19	13,45	10,41	
12		271-272	93,6	46,30	4,21	13,50	10,30	C <sub>12</sub> H <sub>13</sub> N <sub>3</sub> O <sub>5</sub> S
				46,21	4,25	13,58	10,23	
13		241-242	74,6	47,99	4,65	12,91	9,86	C <sub>12</sub> H <sub>15</sub> N <sub>3</sub> O <sub>5</sub> S
				48,11	4,61	12,82	9,78	

#### Экспериментальная часть:

В трехгорлой колбе объемом 250 мл с обратным холодильником и термометром растворяют 0,05 моль метилурацилсульфохлаорида (МУСХ) и 0,06 моля первичного ароматического амина 100 мл инертного органического растворителя (диоксан, дихлорэтан, хлороформ, уксусная кислота, пиридин). Полученную смесь нагревают до кипения и выдерживают в течение 3-4ч. По окончании выдержки, охлаждают, и, выпавший осадок отфильтровывают, промывают и сушат. Сухой осадок взвешивают и определяют химические и физические константы, которые приведены в таблице 1.

#### ВЫВОДЫ

1. При взаимодействии 6-метилурацил-5-сульфохлаорида с ароматическими аминами получены соответствующие N-арилсульфонамиды. При этом реакция проходит преимущественно в среде инертных органических растворителей.

2. Проведенный скрининг (использована программа PASS) выделенных соединений показал их биологическую активность

#### Список литературы

1. *Машковский М.Д.* Лекарственные средства (15-е издание). М.: Новая Волна, 2005 – 1163 с.
2. *Машковский М.Д.* Лекарственные средства. Харьков, Торсинг, том 2, 1997 – 590 с.
3. Краткая Медицинская Энциклопедия. М.: Изд. Сов. энциклопедия, том 3, 1974 – 544 с.

4. *Мельников Н.Н.* Пестициды. Химия, технология и применение. М.: Химия, 1987 – 711 с.

5. *Мельников Н.Н.* Современные направления развития производства и применения пестицидов. М.: ВИННИИ, 1970 – 140 с.

6. Патент DE2845996 (1980). Herbicide Mittel, Verfahren zu ihrer Herstellug und ihre Verwendung zur Bekämpfung von Unkräutern

7. Патент GB1405862 (1975). Gercidal sulphonamides compounds

8. Патент GB2011210. Sulphonanilides useful as pesticides and plant growth regulants

9. Патент CH585706(1977). Sulfoamide Compounds

10. Патент AT328789 (1986). Herbicide zube-reilung

11. Патент FR2244756 (1975). Compositions à base de sulfonamides pour herbicides

12. Патент UA106558 (2016). Спосіб отримання 6-метилурацил-5-сульфохла- рду

13. *Salol M.A., Andersen K.K.* Nucleophilic substitution at tetracoordinate hexavalent sulfur // J. Amer. Chem. Soc., 1969. -91. -№ 13. – p. 3606 – 3607.

14. *Johnsson E.U., Johnsson A.* The stereochemistry of substitution at tetracoordinate hexavalent sulfur. // J. Amer. Chem. Soc., 1971. -93. -№ 20. – p. 5308 – 5309.

15. *Ингольд К.* Теоретические основы органической химии. М: Мир, 1973. – 1055 с.

#8 (36), 2018 część 1  
**Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe**  
(Warszawa, Polska)  
**Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce.** W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

### **Zespół redakcyjny**

**Redaktor naczelny - Adam Barczuk**

**Mikołaj Wiśniewski**

**Szymon Andrzejewski**

**Dominik Makowski**

**Paweł Lewandowski**

### **Rada naukowa**

**Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)**

**Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

**Peter Cohan (Princeton University)**

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

**Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)**

**Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)**

**Kolub Frennen (University of Tübingen)**

**Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

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

**Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)**

**Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Peter Clarkwood (University College London)**

#8 (36), 2018 part 1  
**East European Scientific Journal**  
(Warsaw, Poland)  
**The journal is registered and published in Poland.** The journal is registered and published in Poland. Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in **English, German, Polish and Russian.**

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

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

### **Editorial**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

**Mikołaj Wiśniewski**

**Szymon Andrzejewski**

**Dominik Makowski**

**Paweł Lewandowski**

### **The scientific council**

**Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)**

**Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

**Peter Cohan (Princeton University)**

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

**Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)**

**Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)**

**Kolub Frennen (University of Tübingen)**

**Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)**

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

**Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)**

**Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)**

**Peter Clarkwood (University College London)**

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

**1000 kopii.**

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

**Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe**

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

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

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

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

**1000 copies.**

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

**East European Scientific Journal**

Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland

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

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